Estudos avançados em tecnologia de alimentos: propriedades e processamento

Organizadores

Eugênia Telis de Vilela Silva
Henrique Valentim Moura

Editora Poisson

Eugênia Telis de Vilela Silva
Henrique Valentim Moura
(Organizadores)

Estudos avançados em tecnologia de alimentos: propriedades e processamento

1ª Edição

Belo Horizonte

Editora Poisson

2024

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial

Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais
Ms. Davilson Eduardo Andrade
Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas
MSc. Fabiane dos Santos
Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC
Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy
Ms. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E89

Estudos avançados em tecnologia de alimentos: propriedades e processamento/ Organização: Eugênia Telis de Vilela Silva, Henrique Valentim Moura – Belo Horizonte - MG: Editora Poisson - 2024

Formato: PDF
ISBN: 978-65-5866-440-6
DOI: 10.36229/978-65-5866-440-6

Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia

1. Tecnologia de Alimentos 2. Alimentos 3. Nutrição I. SILVA, Eugênia Telis de Vilela II. MOURA, Henrique Valentim III. Título

CDD-664.005

Sônia Márcia Soares de Moura – CRB 6/1896

O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.
Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterado.

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

Esse e outros títulos podem ser baixados gratuitamente em www.poisson.com.br
Entre em contato pelo contato@poisson.com.br

SUMÁRIO

Capítulo 1: Características das cascas residuais de trapiá *in natura* e seca como fonte de nutrientes e compostos bioativos 06

Henrique Valentim Moura, Rossana Maria Feitosa de Figueiredo, Alexandre José Melo de Queiroz, Eugênia Telis de Vilela Silva, Yaroslávia Ferreira Paiva, Inácia dos Santos Moreira, Raniza de Oliveira Carvalho, Lumara Tatiely Santos Amadeu, Fabricia Santos Andrade, Cristina Fernandes Cavalcanti Palma

DOI: 10.36229/978-65-5866-440-6.CAP.01

Capítulo 2: Caracterização de sementes e farinhas de sementes residuais de trapiá 19

Henrique Valentim Moura, Rossana Maria Feitosa de Figueiredo, Alexandre José Melo de Queiroz, Eugênia Telis de Vilela Silva, Aline Priscila de França Silva, Yaroslávia Ferreira Paiva, Maria Monique Tavares Saraiva, Nailton de Macedo Albuquerque Junior, Cristina Fernandes Cavalcanti Palma

DOI: 10.36229/978-65-5866-440-6.CAP.02

Capítulo 3: Efeitos da germinação na composição química de três cultivares de amendoim..... 32

Eugênia Telis de Vilela Silva, Alexandre José Melo de Queiroz, Rossana Maria Feitosa de Figueiredo, Henrique Valentim Moura, Aline Priscila de França Silva, Yaroslávia Ferreira Paiva, Fabrícia Santos Andrade, Maria Monique Tavares Saraiva, Francislaine Suelia dos Santos, Anna Karoline de Sousa Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-440-6.CAP.03

Capítulo 4: Avaliação da estabilidade física de pós de quiabo obtidos por diferentes métodos de desidratação durante o armazenamento..... 47

Francislaine Suelia dos Santos, Juvêncio Olegário de Oliveira Neto, Thalis Leandro Bezerra de Lima, Aline Priscila de França Silva, Fabrícia Santos Andrade, Rossana Maria Feitosa de Figueiredo, Eugênia Telis de Vilela Silva, Henrique Valentim Moura

DOI: 10.36229/978-65-5866-440-6.CAP.04

Capítulo 5: Propriedades físico-químicas e reológicas da polpa de melão neve (*Cucumis melo sp.*)..... 60

Lumara Tatiely Santos Amadeu, Regilane Marques Feitosa, Alexandre José Melo de Queiroz, Rossana Maria Feitosa de Figueiredo, Eugênia Telis de Vilela Silva, Henrique Valentim Moura, Yaroslávia Ferreira Paiva, Francislaine Suelia dos Santos, Raniza de Oliveira Carvalho

DOI: 10.36229/978-65-5866-440-6.CAP.05

SUMÁRIO

Capítulo 6: Efeito da temperatura de secagem nas propriedades físicas e tecnólogicas de brotos de amendoim 74

Eugênia Telis de Vilela Silva, Alexandre José Melo de Queiroz, Rossana Maria Feitosa de Figueiredo, Henrique Valentim Moura, Aline Priscila de França Silva, Francislaine Suelia dos Santos, Lumara Tatiely Santos Amadeu, Nailton de Macedo Albuquerque Junior, Anna Karoline de Sousa Lima

DOI: 10.36229/978-65-5866-440-6.CAP.06

Capítulo 7: Propriedades da farinha de broto de amendoim: efeitos da germinação e do processo de secagem..... 84

Eugênia Telis de Vilela Silva, Alexandre José Melo de Queiroz, Rossana Maria Feitosa de Figueiredo, Henrique Valentim Moura, Aline Priscila de França Silva, Yaroslávia Ferreira Paiva, Francislaine Suelia dos Santos, Maria Monique Tavares Saraiva

DOI: 10.36229/978-65-5866-440-6.CAP.07

Capítulo 1

Características das cascas residuais de trapiá in natura e seca como fonte de nutrientes e compostos bioativos

Henrique Valentim Moura
Rossana Maria Feitosa de Figueiredo
Alexandre José Melo de Queiroz
Eugênia Telis de Vilela Silva
Yaroslávia Ferreira Paiva
Inácia dos Santos Moreira
Raniza de Oliveira Carvalho
Lumara Tatiely Santos Amadeu
Fabricia Santos Andrade
Cristina Fernandes Cavalcanti Palma

Resumo: Tendo em vista a riqueza de espécies da fruticultura brasileira e o desperdício gerado pelo descarte de partes nutritivas dos frutos, considerados como resíduos inaproveitáveis, objetivou-se nesse estudo caracterizar cascas (epicarpo) de trapiá (*Crataeva tapia* L.) in natura e produzir farinhas a partir das cascas, submetendo-as à secagem convectiva em temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C. As cascas in natura foram caracterizadas quanto aos parâmetros físico-químicos e compostos bioativos, assim como as farinhas, que foram caracterizadas quanto ao teor de água, atividade de água (aw), pH, acidez total titulável, cinzas, proteína bruta, lipídeos, amido, cor, açúcares totais, redutores e não redutores. Os compostos bioativos avaliados foram: ácido ascórbico, compostos fenólicos totais, antocianinas totais, flavonóides totais, carotenoides totais e betalaínas. Os parâmetros físicos caracterizados nos pós foram: higroscopicidade, solubilidade, densidade absoluta, aparente e compactada, índice de compressibilidade, fator de *Hausner*, porosidade, ângulo de repouso e molhabilidade. As análises estatísticas de todos os parâmetros foram realizadas usando o delineamento inteiramente casualizado. As cascas se mostraram como potencial fonte de compostos bioativos, com destaque para altos teores de ácido ascórbico e compostos fenólicos, apresentando teor de ácido ascórbico de 144 mg/100 g e compostos fenólicos totais de 322,25 mg EAG/100 g. As farinhas apresentaram boa fluidez (segundo o índice de compressibilidade), baixa coesividade (conforme o fator de *Hausner*) e um escoamento livre (com base no ângulo de repouso), além de fácil reidratação. As farinhas das cascas obtidas a 60 e 70 °C apresentaram os melhores valores de compostos fenólicos totais e betalaínas. As cascas de trapiá se mostraram uma fonte importante de compostos bioativos e uma matéria-prima facilmente transformável em farinha, facilitando a incorporação em preparações com fins de melhoria do perfil nutricional.

Palavras-chave: *Crataeva tapia* L., compostos bioativos, farinha de cascas, resíduos agroindustriais.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um grande produtor de frutas tropicais, subtropicais e temperadas devido à sua vasta extensão territorial, posição geográfica, solo e condições climáticas favoráveis. A fruticultura, presente em todos os estados, emprega cerca de 5,6 milhões de pessoas e produz cerca de 43 milhões de toneladas por ano, mas participa com apenas 2% do comércio global do setor, refletindo um forte consumo interno (Anuário Brasileiro de Fruticultura, 2016). O consumo predominante das frutas é in natura, valorizando suas características sensoriais e nutricionais (Araújo et al., 2017).

A geração de resíduos de frutas e vegetais ocorre em várias etapas, desde a produção até o consumo, incluindo atacados, feiras, supermercados e agroindústrias, acarretando custos econômicos e ambientais devido ao desperdício de materiais nutritivos e à poluição gerada (Sgorlon et al., 2011). Cascas de frutas, embora ricas em nutrientes e de baixo valor calórico, são um dos principais resíduos gerados (Feitosa et al., 2019). Soluções sustentáveis devem criar valor econômico para esses resíduos, aproveitando suas propriedades e características demandadas pelo mercado (Fernandes et al., 2008).

Uma das formas mais eficazes de aproveitar resíduos de frutas é a secagem, que resulta em uma matéria-prima com baixa atividade de água, estável em temperatura ambiente e adequada para transformação em farinha (Araújo Filho et al., 2011). O trapiá (Crataeva tapia L.), uma fruta nativa da caatinga, tem cascas e folhas com propriedades medicinais e antimicrobianas (Cabral et al., 2015; LorenzI, 2009; Pratissoli et al., 2007).

Estudos anteriores já exploraram a produção de pós e farinhas a partir de cascas de frutas, como buriti, abacaxi e banana (Morais et al., 2019; Nunes et al., 2017; Castilho et al., 2014). No entanto, ainda não há trabalhos dedicados ao aproveitamento das cascas de trapiá, que possuem propriedades terapêuticas. Este trabalho visa caracterizar as cascas de trapiá *in natura*, produzir farinhas a partir da secagem e analisá-las quanto às suas características físicas, físico-químicas e compostos bioativos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se como matéria-prima resíduos de cascas de trapiá (*Crataeva tapia* L.) obtidas de frutos maduros, oriundos do processamento para extração da polpa. Os frutos foram selecionados quanto à maturação, escolhendo-se exemplares maduros, sem danos mecânicos ou injúrias aparentes; em seguida, lavados em água corrente, sanitizados por imersão em solução de hipoclorito de sódio (200 ppm) por 10 minutos e novamente lavados em água destilada. Os frutos foram então abertos com facas inoxidáveis, e a polpa com as sementes foi extraída. Cascas, polpa e sementes foram imersas em solução de ácido ascórbico a 2% para inativar o escurecimento enzimático. As cascas foram acondicionadas em embalagens de polietileno de baixa densidade (500 g) e armazenadas em freezer a –18 °C até o uso.

As cascas de trapiá foram trituradas em processador doméstico na velocidade máxima por 1 minuto para obter um material homogêneo. Para secagem, as amostras trituradas foram colocadas em cestas teladas, formando uma camada de 0,6 cm, e desidratadas em secador convectivo nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, com velocidade de ar de 1 m/s até alcançar o teor de água de equilíbrio, obtido em 13, 12, 12 e 8 horas, respectivamente.

As cascas e farinhas obtidas foram caracterizadas, em triplicata, quanto aos parâmetros físico-químicos: teor de água, acidez total titulável, amido, cinzas, proteína bruta, açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não redutores, lipídeos, atividade de água (aw), pH e cor, seguindo as metodologias descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), Yemm e Willis (1954), Miller (1959), Bligh e Dyer (1959), e medições diretas em higrômetro Aqualab e espectrofotômetro.

Os compostos bioativos determinados nas cascas e farinhas incluíram ácido ascórbico (AOAC, 1997, modificado por Benassi e Antunes, 1988), compostos fenólicos totais (Folin-Ciocalteu, Waterhouse, 2006), antocianinas totais, flavonoides totais (Francis, 1982), carotenoides (Higby, 1962) e betalaínas (betaxantinas e betacianinas) (Castellar et al., 2003).

Na caracterização física das farinhas, determinou-se higroscopicidade (Cai e Corke, 2000), solubilidade (Eastman e Moore, 1984, modificado por Cano-Chauca et al., 2005), densidade absoluta (ρabs) com picnômetro de vidro de 25 mL a 25 ºC usando hexano, densidade aparente (ρap) (Politi, 2009), densidade compactada (ρc) (Tonon, 2009), índice de compressibilidade (índice de Carr) e Fator de Hausner (FH) (Wells, 1988), e porosidade intragranular das farinhas (Banker e Anderson, 1987).

$$\text{Ɛ} = 1 - \frac{\rho_{ap}}{\rho_{abs}} \times 100 \qquad (1)$$

Em que:

ε - porosidade intragranular (%)

ρ_{ap}- densidade aparente (g/cm^3)

ρ_{abs}- densidade absoluta (g/cm^3)

O ângulo de repouso foi obtido da geometria do cone para uma massa de 30 g de amostra, de acordo com a Equação 2 (BHANDARI et al., 1998):

$$\theta = \text{Arctang}\left(\frac{2\text{h}}{\text{D}}\right) \qquad (2)$$

Em que:

θ - ângulo de repouso

h- altura da pilha

D- diâmetro da pilha

A molhabilidade foi determinada pelo método estático proposto por Freudig et al. (1999).

As análises estatísticas dos dados de todos os parâmetros obtidos foram realizadas por comparação entre médias, usando o delineamento inteiramente casualizado no programa Assistat versão 7.7 Beta (Silva e Azevedo, 2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros físico-químicos das cascas de trapiá são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Caracterização físico-química das cascas do trapiá

Parâmetros	Cascas de trapiá (b.u.)	Cascas de trapiá (b.s.)
Teor de água (%)	76,18 ± 0,12	319,78 ± 1,59
Atividade de água (aw)	0,985 ± 0,003	0,985 ± 0,003
Potencial hidrogeniônico (pH)	4,69 ± 0,01	4,69 ± 0,01
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	0,62 ± 0,02	2,62 ± 0,10
Cinzas (%)	0,98 ± 0,06	4,13 ± 0,26
Proteína bruta (%)	0,91 ± 0,00	3,83 ± 0,02
Lipídeos (%)	0,67 ± 0,14	2,83 ± 0,57
Amido (%)	6,87 ± 0,12	17,00 ± 0,12
Luminosidade (L*)	12,34 ± 0,10	12,34 ± 0,10
Intensidade de vermelho (+a*)	5,79 ± 0,08	5,79 ± 0,08
Intensidade de amarelo (+b*)	19,89 ± 0,06	19,89 ± 0,06
Açúcares totais (% glicose)	5,97 ± 0,03	25,01± 0,12
Açúcares redutores (% glicose)	3,34 ± 0,01	14,02 ± 0,04
Açúcares não redutores (% sacarose)	2,62 ± 0,02	10,98 ± 0,09

*b.u.: base úmida; b.s.: base seca.

Observou-se que o teor de água das cascas de trapiá foi de 76,18%. Estudos de Neris et al. (2018) mostraram que cascas de diferentes espécies de bananas variam entre 63,67% e 90,09% de água; Morais et al. (2016a) encontraram 73,60% em cascas de pequi e Morais et al. (2019) 50,90% em cascas de buriti.

A atividade de água (aw) das cascas de trapiá (0,90) é propícia ao desenvolvimento de bactérias, leveduras e fungos, conforme Fonseca e Cantarelli (1984). O pH das cascas de trapiá (4,05) é semelhante ao encontrado por Farias et al. (2018) em cascas de noni, mas relativamente alto em comparação com o pH de cascas de tangerina (0,15) segundo Silva et al. (2017).

A acidez de 0,62% das cascas de trapiá é intermediária entre a de cascas de jabuticaba (Lima et al., 2008) e de bacuri (0,24%) (Carmo et al., 2016). O teor de cinzas (1,62%) é menor do que o encontrado por Morais et al. (2019) em cascas de buriti (4,24%) e por Lima et al. (2008) em cascas de jabuticaba (4,40%).

O teor de proteína bruta das cascas de trapiá (0,96%) é semelhante ao das cascas de noni (Farias et al., 2018). Cascas de bacuri possuem 2,16% de proteínas (Carmo et al., 2016). O teor lipídico das cascas de trapiá é baixo, inferior ao das cascas de buriti (2,66%) e bacuri (4,12%) (Morais et al., 2019; Carmo et al., 2016).

O teor de amido das cascas de trapiá é alto em comparação com cascas de banana maçã (0,23%) e prata (0,59%) (CASTILHO et al., 2014) e manga (0,19%) (MARQUES et al., 2010). A luminosidade (L*) de 12,34 indica a aparência escura das cascas, enquanto as coordenadas de cromaticidade a* (+5,79) e b* (+19,89) indicam uma tendência ao amarelo.

O teor de açúcares totais nas cascas de trapiá é bom, comparado com cascas de banana (3,49%) (Castilho et al., 2014) e manga (2,24%) (Marques et al., 2010). Santos et al. (2019) relataram açúcares totais em frutas como laranja (4,69%) e maracujá (6,99%). Nas cascas de trapiá, os açúcares redutores são maiores que os não redutores,

comportamento semelhante ao de frutas como ameixa, caqui, maçã, mamão, morango e uva (SANTOS et al., 2019).

As cascas de trapiá contêm 144,85 mg/100 g de ácido ascórbico, superando em mais de oito vezes o teor encontrado em cascas de buriti (17,4 mg/100 g) (MORAIS et al., 2019). A ingestão diária recomendada de vitamina C é de 45 mg (BRASIL, 2003), e 31 gramas de cascas de trapiá supririam essa necessidade. Este valor é superior aos teores encontrados em néctares de laranja (65,46 a 99,69 mg/100 g) (Santos et al., 2016).

Tabela 2- Teores dos compostos bioativos das cascas do trapiá

Parâmetro (mg/100 g)	Cascas de trapiá (b.u.)	Cascas de trapiá (b.s.)
Ácido ascórbico	144,85 ± 0,92	608,11 ± 3,85
Compostos fenólicos totais	322,25 ± 0,38	1351,94 ± 1,60
Antocianinas totais	0,15 ± 0,00	0,62 ± 0,00
Flavonoides totais	12,64 ± 0,02	53,07 ± 0,09
Carotenóides totais	0,12 ± 0,00	0,52 ± 0,00
Betaxantinas	4,89 ± 0,04	20,52 ± 0,17
Betacianinas	1,07 ± 0,00	4,49 ± 0,00
Betalainas	5,96 ± 0,00	25,01 ± 0,17

*b.u.- base úmida; b.s.- base seca.

O teor de antocianinas totais das cascas de trapiá é semelhante aos reportados por Bramont et al. (2018) para cascas de jaca (0,24 mg/100 g), fruta-pão (0,43 mg/100 g) e sapoti (0,53 mg/100 g). Morais et al. (2016b) destacam que as antocianinas favorecem a modulação da microbiota e marcadores inflamatórios, além de proteger contra doenças neurodegenerativas e crônicas devido à sua atividade antioxidante.

Os flavonoides nas cascas de trapiá são comparáveis aos da maçã (12 mg/100 g) e superiores aos da banana (8,7 mg/100 g), conforme Savi et al. (2017). Flavonoides têm atividades antiviral, antialérgica, antiplaquetária, anti-inflamatória, imunomoduladora, antitumoral e antioxidante, além de proteger contra diabetes, depressão, úlcera, artrite reumatoide, doenças cardiovasculares e câncer (González-Gallego et al., 2014).

O teor de carotenoides totais nas cascas de trapiá é inferior ao do buriti (0,52 mg/100 g) segundo Morais et al. (2019), mas superior aos da pêra (0,05 mg/100 g), laranja (0,04 mg/100 g), uva (0,03 mg/100 g) e ameixa (0,03 mg/100 g) reportados por Bomfim et al. (2017). Carotenoides são conhecidos por suprimir radicais livres, inibir úlceras gástricas, combater doenças de pele, aumentar a resposta imunológica e atuar contra algumas infecções (Aquino et al., 2009).

As cascas de trapiá apresentam betaxantinas e betacianinas de 4,89 mg/100 g e 1,07 mg/100 g, respectivamente, bem inferiores aos valores em pitaya reportados por García-Cruz et al. (2012), com betacianinas entre 37,6 e 199,6 mg/100 g e betaxantinas entre 147,61 e 177,37 mg/100 g. Betalaínas conferem pigmentação e têm propriedades funcionais, como a betacianina, que sequestra radicais DPPH três vezes mais eficazmente que a vitamina C (CHOI et al., 2015).

A Tabela 3 apresenta os valores de caracterização físico-química das farinhas de cascas de trapiá nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C.

Tabela 3- Caracterização físico-química das farinhas das cascas de trapiá (b.s.)

Parâmetros	Temperatura de secagem das farinhas das cascas de trapiá			
	50 °C	**60 °C**	**70 °C**	**80 °C**
Teor de água (%)	$6,59^{a} \pm 0,45$	$5,99^{a} \pm 0,78$	$5,59^{ab} \pm 0,83$	$4,35^{b} \pm 0,19$
Atividade de água (a_w)	$0,256^{a} \pm 0,002$	$0,233^{b} \pm 0,003$	$0,181^{c} \pm 0,015$	$0,154^{d} \pm 0,002$
pH	$4,46 \pm 0,01$	$4,19 \pm 0,01$	$4,16 \pm 0,01$	$4,33 \pm 0,01$
Acidez total titulável	$1,61^{d} \pm 0,02$	$2,02^{b} \pm 0,00$	$2,14^{a} \pm 0,02$	$1,94^{c} \pm 0,02$
Cinzas (%)	$4,39^{a} \pm 0,08$	$4,32^{a} \pm 0,25$	$4,17^{a} \pm 0,23$	$4,36^{a} \pm 0,30$
Proteína bruta (%)	$4,34^{a} \pm 0,25$	$3,98^{a} \pm 0,28$	$4,17^{a} \pm 0,12$	$4,03^{a} \pm 0,20$
Lipídeos (%)	$1,61^{ab} \pm 0,08$	$1,75^{a} \pm 0,07$	$1,48^{b} \pm 0,03$	$1,46^{b} \pm 0,07$
Amido (%)	$27,65^{a} \pm 0,63$	$27,23^{ab} \pm 0,20$	$26,34^{bc} \pm 0,19$	$26,14^{c} \pm 0,19$
Luminosidade (L*)	$10,69^{d} \pm 0,02$	$11,29^{c} \pm 0,05$	$13,17^{a} \pm 0,07$	$12,15^{b} \pm 0,16$
Intensidade de vermelho (+a*)	$5,39^{ab} \pm 0,34$	$4,90^{b} \pm 0,12$	$5,82^{a} \pm 0,19$	$4,11^{c} \pm 0,25$
Intensidade de amarelo (+b*)	$14,14^{b} \pm 0,37$	$15,39^{a} \pm 0,17$	$15,79^{a} \pm 0,51$	$15,46^{a} \pm 0,21$
Açúcares totais (% glicose)	$22,54^{a} \pm 0,01$	$21,24^{b} \pm 0,03$	$19,38^{c} \pm 0,01$	$17,91^{d} \pm 0,01$
Açúcares redutores (% glicose)	$10,75^{c} \pm 0,03$	$10,77^{c} \pm 0,02$	$14,21^{a} \pm 0,03$	$13,50^{b} \pm 0,01$
Açúcares não redutores (% sacarose)	$11,79^{a} \pm 0,03$	$10,46^{b} \pm 0,04$	$5,16^{c} \pm 0,04$	$4,40^{d} \pm 0,03$

Médias seguidas por letras iguais na mesma linha, não diferem entre si a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

O teor de água das farinhas diminuiu gradativamente com o aumento da temperatura, sendo menor a 80 °C e estatisticamente significativo. O teor de umidade ficou abaixo do máximo permitido pela legislação brasileira para farinhas (15%) (BRASIL, 2005). A atividade de água também diminuiu com a temperatura, com diferenças significativas entre todas as faixas. A atividade de água influencia o crescimento de microrganismos e a velocidade das reações químicas e enzimáticas, aumentando com mais água disponível (Damodaran e Parkin, 2018). Farinhas com atividade de água abaixo de 0,6 são microbiologicamente estáveis (Fennema et al., 2010).

O pH das farinhas reduziu em relação às cascas in natura (4,69). Valores de pH abaixo de 5 inibem a polifenoloxidase, prevenindo o escurecimento de matérias-primas vegetais (Lipasek et al., 2011). As farinhas de cascas de trapiá são consideradas produtos ácidos e resistentes a ataques microbianos (COSTA et al., 2007). A acidez aumentou com a temperatura, especialmente a 50 ºC, mas diminuiu em comparação à matéria-prima in natura. Estudos com farinha de casca de buriti mostram pH e acidez menores do que na matéria-prima in natura (Morais et al., 2019).

O teor de proteína bruta não variou significativamente entre as temperaturas. Apesar de não serem fontes significativas de proteína (mínimo de 6% requerido) (BRASIL, 2012), são adequadas para produtos de panificação não fermentados. O teor de lipídeos diminuiu da matéria-prima para as farinhas, similar aos resultados de estudos com casca de buriti (Morais et al., 2019). A redução de lipídeos é causada pela hidrólise acelerada pela temperatura (Araújo, 2008).

O teor de amido aumentou da matéria-prima para as farinhas, mas diminuiu com o aumento da temperatura de secagem, similar aos resultados de estudos com farinha de casca de banana (Castilho et al., 2014). A luminosidade aumentou com a temperatura, sendo maior a 70 ºC. Os parâmetros de cor foram pouco afetados, com alguma redução na intensidade de vermelho a 80 ºC e aumento na intensidade de amarelo acima de 50 ºC. Houve perda de cromaticidade nas farinhas em relação às amostras *in natura*.

O teor de açúcares totais diminuiu com o aumento da temperatura, assim como os açúcares não redutores, que foram reduzidos em mais de 60%. Os açúcares redutores

aumentaram nas temperaturas mais altas, sendo importantes para o sabor (Oetterer, 2006). A quantidade de ácido ascórbico diminuiu das farinhas para a amostra in natura (608,11 mg/100 g). A vitamina C é estável apenas em meio ácido, sem luz, oxigênio e calor, sendo o calor responsável pela degradação observada (Oliveira et al., 1999). Entre as amostras, a temperatura afetou significativamente os teores apenas a 80 ºC.

Tabela 4- Teores dos compostos bioativos das farinhas das cascas de trapiá (b.s.)

Parâmetros (mg/100 g)	Temperaturas de secagem das farinhas das cascas de trapiá			
	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C
Ácido ascórbico	$312,86^{b} \pm 1,97$	$324,81^{a} \pm 0,64$	$312,95^{b} \pm 1,21$	$285,14^{c} \pm 2,29$
Compostos fenólicos totais	$745,35^{d} \pm 0,60$	$795,60^{b} \pm 0,58$	$844,38^{a} \pm 0,60$	$780,37^{c} \pm 2,85$
Antocianinas totais	$2,18^{b} \pm 0,02$	$2,23^{b} \pm 0,05$	$1,62^{c} \pm 0,01$	$2,91^{a} \pm 0,02$
Flavonoides totais	$22,47^{b} \pm 0,03$	$22,93^{a} \pm 0,08$	$21,09^{c} \pm 0,03$	$18,59^{d} \pm 0,03$
Carotenoides totais	$0,31^{c} \pm 0,00$	$0,35^{a} \pm 0,00$	$0,32^{b} \pm 0,00$	$0,31^{c} \pm 0,00$
Betaxantinas	$6,89^{c} \pm 0,02$	$7,45^{a} \pm 0,00$	$7,19^{b} \pm 0,00$	$6,51^{d} \pm 0,05$
Betacianinas	$1,47^{b} \pm 0,03$	$1,47^{b} \pm 0,07$	$1,72^{a} \pm 0,03$	$1,39^{b} \pm 0,03$
Betalainas	$7,81^{b} \pm 0,05$	$8,38^{a} \pm 0,06$	$8,44^{a} \pm 0,03$	$7,56^{c} \pm 0,08$

Médias seguidas por letras iguais na mesma linha, não diferem entre si a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

O teor de compostos fenólicos totais foi reduzido em até 44% entre as farinhas e o material *in natura*. Entre as farinhas, o aumento de temperatura não reduziu os teores, com acréscimos significativos entre 50 e 70 ºC, e uma oscilação negativa a 80 ºC. A diminuição dos compostos fenólicos em relação ao material in natura pode ser atribuída à ligação dos polifenóis com outros compostos, como proteínas (Martín-Cabrejas et al., 2009; QU et al., 2010), bem como ao tempo de operação. Jacques et al. (2014) constataram diminuição do teor de fenólicos na secagem de farinha do bagaço da indústria vitivinícola, assim como Castro et al. (2017) estudando o efeito da temperatura na composição físico-química e bioativos da farinha de taro (*Colocasia esculenta*).

O conteúdo de antocianinas aumentou quase 79% a 80 ºC. Entre as farinhas, a temperatura afetou positivamente o teor de antocianinas, com aumentos consistentes entre 50, 60 e 80 ºC. Os flavonoides reduziram entre a amostra in natura e a farinha, e continuaram a diminuir com o aumento da temperatura de secagem. As antocianinas e flavonoides são responsáveis por cores variando de vermelho brilhante a violeta e de branco a amarelo claro, respectivamente (Santos et al., 2015). Silva et al. (2013) observaram um aumento no teor de flavonoides após a secagem de resíduos de abacaxi, destacando a importância das condições de secagem na preservação dos compostos antioxidantes.

Os carotenoides degradaram com a secagem, diminuindo até 40% quando comparados à matéria-prima *in natura*. Não houve um efeito consistente da temperatura sobre os carotenoides, com maiores valores nas temperaturas intermediárias. Morais et al. (2019) determinaram 2,08 mg/100 g em farinha de casca de buriti a 55 °C; El-Said et al. (2010) encontraram 12,76 mg/100 g de carotenoides em farinha de cascas de figo-da-índia a 55 °C.

A secagem também reduziu os teores de betaxantinas e betacianinas em relação às cascas in natura, sem um efeito claro da temperatura de secagem. Santos et al. (2017) verificaram diminuição das betalaínas (betaxantinas e betacianinas) com o aumento da

temperatura de secagem. Mello et al. (2015) afirmaram que as betalaínas podem ser degradadas pela exposição a altas temperaturas.

Na Tabela 5 são apresentados os dados de caracterização física das farinhas de cascas de trapiá nas diferentes temperaturas de processo.

Tabela 5- Caracterização física das farinhas das cascas de trapiá

Parâmetros	Faixas de temperatura das farinhas das cascas de trapiá			
	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C
Higroscopicidade (%)	$74,14^{c} \pm 1,08$	$76,81^{c} \pm 0,57$	$82,78^{b} \pm 2,16$	$92,63^{a} \pm 2,06$
Solubilidade (%)	$8,70^{a} \pm 0,99$	$8,39^{a} \pm 0,86$	$7,91^{a} \pm 0,32$	$7,08^{a} \pm 0,23$
Densidade absoluta (g/cm³)	$1,54^{a} \pm 0,10$	$1,55^{a} \pm 0,09$	$1,58^{a} \pm 0,08$	$1,62^{a} \pm 0,08$
Densidade aparente (g/cm³)	$0,60^{a} \pm 0,00$	$0,58^{ab} \pm 0,01$	$0,58^{ab} \pm 0,00$	$0,57^{b} \pm 0,01$
Densidade compactada (g/cm³)	$0,71^{a} \pm 0,03$	$0,74^{a} \pm 0,00$	$0,71^{a} \pm 0,00$	$0,70^{a} \pm 0,01$
Índice de compressibilidade (%)	$15,33^{b} \pm 3,06$	$20,66^{a} \pm 1,15$	$18,00^{ab} \pm 0,00$	$18,00^{ab} \pm 0,00$
Fator de Hausner	$1,18^{b} \pm 0,03$	$1,26^{a} \pm 0,01$	$1,21^{ab} \pm 0,00$	$1,21^{ab} \pm 0,00$
Porosidade (%)	$60,46^{a} \pm 2,33$	$61,90^{a} \pm 2,84$	$62,78^{a} \pm 1,98$	$64,67^{a} \pm 1,59$
Ângulo de repouso (°)	$31,72^{a} \pm 0,79$	$32,08^{a} \pm 1,28$	$32,17^{a} \pm 0,31$	$30,97^{a} \pm 0,57$
Molhabilidade (mg/s)	$86,66^{b} \pm 6,26$	$105,73^{a} \pm 1,32$	$68,44^{c} \pm 4,44$	$89,13^{b} \pm 3,94$

Médias seguidas por letras iguais na mesma linha, não diferem entre si a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

A temperatura de secagem impacta diretamente a higroscopicidade das farinhas de cascas de trapiá, que se mostram altamente higroscópicas, com valores superiores a 25%, conforme GEA Niro Research Laboratory (2003). A solubilidade não variou significativamente com a temperatura, mas apresentou tendência de redução, o que limita seu uso em alimentos instantâneos (Bezerra et al., 2013).

Embora a temperatura não tenha influenciado significativamente a densidade absoluta das farinhas, há uma tendência de aumento com o aumento da temperatura de secagem. Em contraste, a densidade aparente diminuiu com o aumento da temperatura. As densidades compactadas não mostraram diferenças estatísticas ou tendências significativas, relacionadas à porosidade e ao preenchimento dos espaços vazios durante a compactação (Chever et al., 2017).

O índice de compressibilidade, que reflete a fluidez dos pós, não apresentou variações significativas com a temperatura. Com valores entre 15-20%, as farinhas mostraram boa fluidez (Santhalakshmy et al., 2015). O fator de Hausner, que indica coesividade, foi de 1,26, classificando as farinhas como de baixa coesividade (Santhalakshmy et al., 2015).

Embora não tenha havido diferença estatística na porosidade, observou-se uma tendência de aumento com a temperatura. A porosidade indica aproximadamente 60% de volume livre, desconsiderando o tamanho dos poros (Viganó et al., 2012).

O ângulo de repouso das farinhas foi consistente entre 50 e 80ºC, e não houve diferença significativa entre as temperaturas. Classificadas como de escoamento livre, as farinhas têm ângulos de repouso menores que 45º, o que sugere boa capacidade de escoamento e absorção de água (Bhandari et al., 1998; Shittu e Lawal, 2007).

A molhabilidade também não variou com a temperatura, sendo boa em todas as amostras, com tempos de imersão inferiores a 5 minutos, conforme Lannes e Medeiros

(2003). A molhabilidade está relacionada às características físico-químicas do material, como o conteúdo de gordura e a forma das partículas (Santos et al., 2018).

4. CONCLUSÕES

As cascas de trapiá são fontes de compostos bioativos, com destaque para o ácido ascórbico e para os compostos fenólicos.

As farinhas obtidas das cascas apresentaram teor de nutrientes em geral inferiores às cascas in natura, mas ainda com bons valores, observando-se ainda características tecnológicas de interesse como boa fluidez, escoamento livre e baixa coesividade.

As farinhas obtidas a 60 e 70 °C apresentaram os melhores valores de ácido ascórbico, compostos fenólicos e betalaínas.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossa gratidão ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio. Agradecemos também à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) pela assistência técnica.

REFERÊNCIAS

[1] ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2016. Santa Cruz do Sul: **Editora Gazeta Santa Cruz**, 2016. 88p.

[2] AOAC.ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists.**Washington: AOAC, 1997. 1041p.

[3] AQUINO, L. P.; FERRUA, F. Q.; BORGES, S. V.; ANTONIASSI, R.; CORREA, J. L. G.; CIRILLO, M. A. Influência da secagem do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) na qualidade do óleo extraído. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, 2009.

[4] ARAÚJO FILHO, D. G.; EIDAM, T.; BORSATO, A. V.; RAUPP, D. da S. Processamento de produto farináceo a partir de beterrabas submetidas à secagem estacionária. **Acta Scientiarum-Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 207-214, 2011.

[5] ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. Viçosa, Minas Gerais: Ed. UFV, 4. ed., 2008.

[6] ARAÚJO, K. T. A.; SILVA, R. M.; SILVA, R. C.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Caracterização físico-química de farinhas de frutas tropicais. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 7, n. 2, p. 110 – 115, 2017.

[7] BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1988.

[8] BEZERRA, C. V.; AMANTE, E. R.; OLIVEIRA, D. C.; RODRIGUES, A. M. C.; SILVA, L. H. M. Green banana (*Musa cavendishii*) flour obtained in spouted bed - effect of drying on physico-chemical, functional and morphological characteristics of the starch. **Industrial Crops and Products**, v. 41, p. 241-249, 2013.

[9] BANKER, G.S.; ANDERSON, N.R. **The theory and practice of industrial pharmacy 3**, 1987, 293-345p.

[10] BHANDARI, B. R.; DATTA, N.; D'ARCY, B. R.; RINTOUL, G. B. Co-crystallization of honey with sucrose. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v.31, n.2, p.138-142, 1998.

[11] BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A. Rapid method for total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiolog**, v. 37, p. 911-917, 1959.

[12] BOMFIM, M. P.; LIMA, G. P. P.; VIANELO, F.; JOSÉ, A. R. S. Caracterização dos compostos bioativos em frutas e hortaliças adquiridas no comércio de Padova – Itália. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 18, n. 2, p. 1-15, 2017.

[13] BRAMONT, W. B.; LEAL, I. L.; UMSZA-GUEZ, M. A.; GUEDES, A. S.; ALVES, S. C. O.; REIS, J. H. O.; BARBOSA, J. D. V.; MACHADO, B. A. S. Comparação da composição centesimal, mineral e fitoquímica de polpas e cascas de dez diferentes frutas. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 4, p. 1-13, 2018.

[14] BRASIL. Agência nacional de Vigilância Sanitária, Resolução nº. 54, de 12 de novembro de 2012. Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2012.

[15] Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Resolução RDC n° 360, de 23 de Dezembro de 2003. Aprova Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. **Diário Oficial da União**, 26 de dezembro de 2003.

[16] Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2005.

[17] CABRAL, D. L. V.; CASTRO, V. T. N. A.; COUTINHO, H. D. M.; TINTINO, S. R.; MENEZES, C. D. A.; MENEZES, I. R. A.; ALBUQUERQUE, U. P.; AMORIM, E. L. C. Modulatory activity and chemical profile of a hydroalcoholic extract of *Crataeva tapia* L. **African Journal of Microbiology Research**, v. 9, n. 5, p. 326-331, 2015.

[18] CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of spray-dried *Amaranthus* betacyanin pigments. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 6, p. 1248-1252, 2000.

[19] CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, C. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 6, n. 4, p. 420-428, 2005.

[20] CARMO, J. R.; MATTIETTO, R. A.; LANES, J. J. S. N. Cracterização físico-química e determinação de compostos bioativos em casca de bacuri. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS – CBCTA, 25. **Anais...** Gramado-RS, 2016.

[21] CASTELLAR, R.; ÓBON, J. M.; ALACID, M.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. A. Color properties and stability of betacyanins from *Opuntia* fruits**. Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 9, p. 2772-2776, 2003.

[22] CASTILHO, L. G.; ALCANTARA, B. M.; CLEMENTE, E. Desenvolvimento e análise físico-química da farinha da casca, da casca *in natura* e da polpa de banana verde das cultivares maçã e prata. **E-xacta**, v.7, n.2, p.107-114, 2014.

[23] CASTRO, D. S.; OLIVEIRA, T. K. B.; LEMOS, D. M.; ROCHA, A. P. T.; ALMEIDA, R. D. Efeito da temperatura sobre a composição físico-química e compostos bioativos de farinha de taro obtida em leito de jorro. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, e2016060, 2017.

[24] CHEVER, S. S.; MEJEAN, S.; DOLIVET, A.; MEI, F.; BOER, C. M. D.; LE BARZIC, G.; JEANTET, R.; SCHUCK, P. Agglomeration during spray drying: Physical and rehydration properties of whole milk/sugar mixture powders. **LWT - Food Science and Technology**, v. 83, p. 33-41, 2017.

[25] CHOI, J.; KIM, D.; PARK, S.; LEE, H.; KIM, K.; KIM, K.; KIM, M.; KIM, S.; KIM, S. Anti-thrombotic effect of rutin isolated from *Dendropanax morbifera* Leveille. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 120, n. 2, p. 181-186, 2015.

[26] COSTA. J. M. C.; FELIPE, E. M. F.; MAIA, G. A.; BRASIL, I. M.; HERNANDEZ, F. F. H. Comparação dos parâmetros físico-químicos e químicos de pós alimentícios obtidos de resíduos de abacaxi. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 2, p. 228-232, 2007.

[27] DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de alimentos de Fennema**. Artmed Editora, 2018.

[28] EASTMAN, J. E.; MOORE, C. O. **Cold water-soluble granular starch for gelled food composition.** U.S.Patent 4465702, 1984.

[29] EL-SAID, N. M.; NAGIB, A. I.; RAHMAN, Z. A.; DERAZ, S. F. Prickly pear (Opuntia ficus-indica) peel: chemical composition, nutritional value, and protective effects on liver and kidney functions and cholesterol in rats. **Functional Plant Science and Biotecnology**, v. 5, n. 1, p. 30-35, 2010.

[30] FARIAS, L. L.; LOSS, R. A.; SILVA, S. S.; PUTON, B. M. S.; PAROUL, N.; CASIAN, R. L.; GUEDES, S. F. Potencial antimicrobiano e avaliação físico-química da casca, polpa e biomassa do noni (*Morinda citrifolia* Linn). **Global Science and Technology**, v.11, n.02, p.247-255, 2018.

[31] FEITOSA, B. F.; OLIVEIRA, E. N. A.; OLIVEIRA NETO, J. O.; OLIVEIRA, D. B.; FEITOSA, R. M. Cinética de secagem dos resíduos da agroindústria processadora de polpa de frutas. **Energia na Agricultura**, v. 34, n.1, p. 134-141, 2019.

[32] FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de Alimentos de Fennema**. - 4 Ed. Artmed, Porto Alegre – RS, 2010. 900p.

[33] FERNANDES, A. F.; PEREIRA, J.; GERMANI, R.; OIANO-NETO, J. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum Tuberosum* L.). **Ciência e Tecnologias de Alimentos**, v. 28, p. 56-65, 2008.

[34] FONSECA, H.; CANTARELLI, P. R. Princípios e métodos gerais de conservação de alimentos pelo controle da umidade, por preservativos e por radiações: embalagens. In: CAMARGO, R.; FONSECA, H. **Tecnologia dos produtos agropecuários**: alimentos. São Paulo: Nobel, p. 97- 112, 1984.

[35] FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, 1982.p. 181-207.

[36] FREUDIG, B.; HOGEKAMP, S.; SCHUBERT, H. Dispersion of powders in liquids in a stirred vessel. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v. 38, n. 4-6, p. 525-532, 1999.

[37] GEA Niro Research Laboratory. **Analytical methods dry milk products**. GEA Niro analytical methods. Soeborg: Denmark, 2003.

[38] GONZÁLEZ-GALLEGO, J.; GARCÍA-MEDIAVILLA, M. V.; SÁNCHEZ-CAMPOS, S.; TUÑÓN, M. J. Anti-Inflammatory and immunomodulatory properties of dietary flavonoids. **Polyphenols in Human Health and Disease**. v. 1, p. 435–452, 2014.

[39] HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribuition in natural carotene-fortified orange juice. **Jornal of Food Science**, v. 27, n. 1, p. 42-49, 1962.

[40] IAL- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz:** Métodos Químicos e Físicos Para Análise de Alimentos. 1 ed. Online: São Paulo: IAL, 2008.

[41] JACQUES, A. C.; OLIVEIRA, F. M.; HERNANDES, J. V. SILVA, E. F. Elaboração de farinha de uva utilizando bagaço da indústria vitivinícola: efeito sob os compostos fenólicos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química – COBEQ, 20. **Anais...** Florianópolis-SC, 2014.

[42] LANNES, S. C. S.; MEDEIROS, M. L. Processamento de achocolatado de cupuacu por *spray-dryer*. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 39, n. 1, p. 115-123, 2003.

[43] LIMA, A. J. B.; CORRÊA, A. D.; ALVES, A. P. C.; ABREU, C. M. P.; DANTAS-BARROS, A. M. Caracterização química do fruto jabuticaba (*Myrciaria cauliflora Berg*) e de suas frações. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 58, n. 4, p. 416-421, 2008.

[44] LORENZI, H. ***Brazilian trees: identification and cultivation of native tree plants in Brazil****. 5.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2009.384 p.*

[45] MARQUES, A.; CHICAYBAM, G.; ARAUJO, M. T.; MANHÃES, L. R. T.; SABAA-SRUR, A. U. O. Composição centesimal e de minerais de casca e polpa de manga (*Mangifera indica l.*) cv. tommy Atkins. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1206-1210, 2010.

[46] MARTÍN-CABREJAS, M.A.; AGUILERA, Y.; PEDROSA, M.; CUADRADO, C.; HERNÁNDEZ, T.; DÍAZ, S.; ESTEBAN, R. The impact of de hydration process on antinutrients and protein digestibility of some legume flours. **Food Chemistry**, v. 114, p. 1063–1068, 2009.

[47] MELLO, F. R.; BERNARDO, C.; DIAS, C. O.; GONZAGA, L.; AMANTE, E. R.; FETT, R.; CANDIDO, L. M. B. Antioxidant properties, quantification and stability of betalains from pitaya (*Hylocereus undatus*) peel. **Ciência Rural**, v. 45, n. 2, p. 323-328, 2015.

[48] MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426 - 428, 1959.

[49] NERIS, T. S.; SILVA, S. S.; LOSS, R. A.; CARVALHO, J. W. P.; GUEDES, S. F. Avaliação físico-química da casca da banana (*Musa spp*.) in natura e desidratada em diferentes estádios de maturação. **Ciência e Sustentabilidade – CeS**, v. 4, n.1, p. 5-21, 2018.

[50] NUNES, J. S.; LINS, A. D. F.; GOMES, J. P.; SILVA, W. P.; SILVA, F. B. Influência da temperatura de secagem nas propriedades físico-química de resíduos de abacaxi. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 1, n. 1, p. 41-46, 2017.

[51] OLIVEIRA, M. E. B.; BASTOS, M. S. R.; FEITOSA, T.; BRANCO, M. A. A. C.; SILVA, M. G. G. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de acerola, cajá e caju. **Food Science and Technology**, v. 19, n. 3, 1999.

[52] POLITI, F. A. S. **Estudos farmacognósticos e avaliação de atividades biológicas de extratos obtidos das cascas pulverizadas de *endopleurauchi* (huber) *cuatrec* (*humiriaceae*).** 2009. 143f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2009.

[53] PRATISSOLI, D.; POLANCZYK, R. A.; DALVI, L. P.; COCHETO, J. G.; MELO, D. F. Ocorrência de Asciamonusteorseis (*Lepidoptera*: *Pieridae*) danificando mudas de *Crataeva tapia* L. **Ciência Rural**, v. 37, n. 3, p. 874-875, 2007.

[54] QU, W.; PAN, Z.; MA, H. Extraction modeling and activities of antioxidants from pomegranate Marc. **Journal of Food Engineering**, v. 99, p. 16–23, 2010.

[55] SANTHALAKSHMY, S.; BOSCO, S. J. D.; FRANCIS, S.; SABEENA, M. Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. **Powder Technology**, v. 274, n. 1, p. 37-43, 2015.

[56] SANTOS, B. A.; TEIXERA, F.; AMARAL, L. A.; RANDOLPHO, G. A.; SCHWARZ, K.; SANTOS, E. F.; RESENDE, J. T. V.; NOVELLO, D. Caracterização química e nutricional de polpa de frutas armazenadas sob congelamento. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 17, n. 1, p. 1-13, 2019.

[57] SANTOS, F. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; LIMA, T. L. B.; LIMA, A. R. C.; QUEIROZ, A, J. M. Caracterização física de farinha de amêndoas de manga. *IN*: Congresso Técnico e Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, **Anais...** Maceió-AL, 2018.

[58] SANTOS, F. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; SANTOS, D. C. Drying kinetics and physical and chemical characterization of white-fleshed 'pitaya' peels. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n.12, p. 872-877, 2017.

[59] SANTOS, M. F. G.; MAMEDE, R. V. S.; RUFINO, M. S. M.; BRITO, E. S.; ALVES, R. E. Amazonian native palm fruits as sources of antioxidant bioactive compounds. **Antioxidants**, v. 4, n. 3, p. 591–602, 2015.

[60] SANTOS, P. C. S.; RODRIGUES, G. F.; VIANA, F. S.; CARVALHO, R. M. M. Determinação do teor de ácido ascórbico em néctares de laranja com iodato do potássio pelo método de iodometria. **Revista Científica Univiçosa**, v. 8, n. 1, p. 312-318, 2016.

[61] SHITTU, T. A.; LAWAL, M. O. Factors affecting instant properties of powdered cocoa beverages. **Food Chemistry**, v. 100, n. 1, p. 91-98, 2007.

[62] SILVA, D. I. S.; NOGUEIRA, G. D. R.; DUZZIONI, A. G.; BARROZO, M. A. S. Changes of antioxidante constituents in pineapple (*Ananas comosus*) residue during process. **Industrial Crops and Products**, v. 50, p. 557- 562, 2013.

[63] SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016

[64] SILVA, R. C.; AMORIM, A. B. F.; FEITOSA, R. M.; OLIVEIRA, E. N. A.; FEITOSA, B. F.; AMADEU, L. T. S. Licor fino de casca de tangerina: processamento e caracterização. **Arquivos Brasileiros de Alimentação**, v. 2, n. 3, p. 164-173, 2017.

[65] TONON, R. V. **Secagem por atomização do suco de açaí: Influência das variáveis de processo, qualidade e estabilidade do produto.** 2009. 212f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

[66] VIGANÓ, J.; AZUARA, E.; TELIS, V. R. N.; BERISTAIN, C. I.; JIMÉNEZ, M.; TELIS-ROMERO, J. Role of enthalpy and entropy in moisture sorption behavior of pineapple pulp powder produced by different drying methods. **Thermochimica Acta**, v. 528, p. 63-71, 2012.

[67] WATERHOUSE, A. Folin-ciocalteau micro method for total phenol in wine. **American Journal of Enology and Viticulture**, p. 3-5, 2006.

[68] WELLS, J. I.**Pharmaceutical preformulation: the physicochemical properties of drug substances**.New York:John Wiley & Sons,1988.

[69] YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, n. 3, p. 508-515, 1954.

Capítulo 2

Caracterização de sementes e farinhas de sementes residuais de trapiá

Henrique Valentim Moura
Rossana Maria Feitosa de Figueiredo
Alexandre José Melo de Queiroz
Eugênia Telis de Vilela Silva
Aline Priscila de França Silva
Yaroslávia Ferreira Paiva
Maria Monique Tavares Saraiva
Nailton de Macedo Albuquerque Junior
Cristina Fernandes Cavalcanti Palma

Resumo: Diante da necessidade crescente de reduzir desperdícios na produção agrícola (seja para aumentar o retorno econômico, seja para evitar ou minimizar descartes de resíduos no meio ambiente), este trabalho foi realizado com o objetivo de realizar a caracterização das sementes residuais de trapiá (*Crataeva tapia* L.) in natura e de farinhas produzidas a partir das sementes submetidas a secagens nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C. Nas sementes in natura e nas farinhas foram determinados o teor de água, atividade de água (aw), pH, acidez total titulável, cinzas, proteína bruta, lipídeos, amido, parâmetros de cor, açúcares totais, redutores e não redutores e os compostos bioativos ácido ascórbico, compostos fenólicos totais, antocianinas totais, flavonóides totais, carotenoides totais e betalaínas. Nas farinhas foram determinadas as propriedades tecnológicas higroscopicidade, solubilidade, densidade absoluta, aparente e compactada, índice de compressibilidade, fator de Hausner, porosidade, ângulo de repouso e molhabilidade. As sementes se mostraram como potencial fonte de compostos fenólicos e de flavonoides. As sementes de trapiá apresentam consideráveis teores de proteínas, lipídios, carboidratos, ácido ascórbico e compostos fenólicos totais. As farinhas apresentaram, em geral, maiores teores de nutrientes e compostos bioativos que as sementes in natura. As farinhas apontaram características tecnológicas favoráveis, porém, com alta higroscopicidade e baixa fluidez. A farinha obtida após secagem a 80 ºC apresentou os mais altos valores de compostos bioativos.

Palavras-chave: *Crataeva tapia* L., compostos bioativos, resíduos agrícolas.

1. INTRODUÇÃO

A indústria de alimentos, especialmente a de processamento de frutas, tem uma produção elevada de resíduos agroindustriais. Dependendo da fruta, esses resíduos podem variar entre 65-70% da massa total. Nesse contexto, o aproveitamento desses resíduos se impõe como medida econômica e ecológica, tendo em vista o impacto que acarretam em estratégias logísticas e como descarte no meio ambiente. Uma alternativa que se destaca é o aproveitamento desses resíduos como matéria-prima para a produção de alimentos diferenciados, preferencialmente na alimentação humana (Uchôa Thomaz et al., 2014).

As sementes são um dos principais resíduos gerados durante o processamento de frutas, sendo potencial fonte de nutrientes (Feitosa et al., 2019). O resíduo final deverá resultar, sempre que possível, em uma matéria-prima para um novo produto ou processo tecnológico (Fernandes et al., 2008). Utilizar resíduos de frutas como matéria-prima é uma excelente opção para o enriquecimento nutricional de novos produtos, além de contribuir (uma vez que costumam serem ricos em fibras e compostos bioativos) para o melhor funcionamento do organismo e atuar na prevenção de diversas patologias (Amorim, 2014).

Uma técnica para ampliar a aplicabilidade dos resíduos, possibilitando a fácil incorporação em outras matérias-primas, é transformá-los em farinhas. Para se realizar a fragmentação necessária para obter um material com essa classificação, é necessário reduzir o teor de água por meio da secagem, para permitir a redução granulométrica e originar um produto menos perecível e com menor volume, o que facilita o transporte, o armazenamento e prolonga o tempo de vida útil (Araújo Filho et al., 2011).

O trapiá (*Crataeva tapia* L.) é uma fruta nativa da caatinga, de formato globular, com uma polpa carnosa e comestível, de cor branca, procurada principalmente pelas cascas dos frutos e folhas, por possuir alegadas propriedades medicinais e antimicrobianas (Cabral et al., 2015; Lorenzi, 2009; Pratissoli et al., 2007).

Diversos estudos têm sido dedicados à utilização de resíduos agroindustriais de frutas: em muitos casos, após a transformação em farinhas, como: Souza et al. (2019) com farinha de semente de melancia; Baraheng e Karrila (2019) em pesquisas com farinha de sementes de durian (*Durio zibethinus* Murr.) e Lima et al. (2014) em estudo com farinhas de sementes de cereja, jaca, laranja, melão casaba (*Cucumis melo* L.), pêssego e pitanga (*Eugenia uniflora* L.).

Não se encontra na literatura estudos que visem ao aproveitamento das sementes residuais do trapiá, seja na forma in natura ou como um material submetido ao processamento. Diante do exposto, o trabalho foi realizado com o objetivo de estudar as sementes e farinhas de sementes do trapiá quanto as características químicas, físicas e compostos bioativos das amostras.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se sementes do trapiá (*Crataeva tapia* L.) extraídas de frutos maduros, processados para extração da polpa. Os frutos íntegros foram lavados, sanitizados com hipoclorito de sódio (200 ppm) por 10 minutos e lavados novamente com água destilada. As cascas foram separadas da polpa, imersas em solução de ácido ascórbico a 2% para inativar o escurecimento enzimático. As sementes foram separadas da polpa por

despolpadeira industrial (Laboremus- PAT/REG), acondicionadas em embalagens de polietileno de baixa densidade (500 g) e armazenadas a –18 °C para posterior uso.

As sementes foram trituradas por 1 minuto em processador doméstico. A secagem foi realizada em secador convectivo a 50, 60, 70 e 80 °C, com velocidade de ar de 1 m/s, distribuindo-se 35 g de sementes trituradas em cestas teladas, até obter teor de água de equilíbrio em 13, 12, 10 e 5 horas, respectivamente. Após secagem, as amostras foram trituradas novamente por 3 minutos para obtenção das farinhas.

As sementes trituradas e as farinhas foram caracterizadas quanto ao teor de água, acidez total titulável, amido, cinzas, proteína bruta, açúcares totais, redutores e não redutores, lipídeos, atividade de água (aw), pH e cor, utilizando metodologias descritas por Instituto Adolfo Lutz (2008), Yemm e Willis (1954), Miller (1959) e Bligh e Dyer (1959), respectivamente. A cor foi medida com espectrofotômetro.

As amostras também foram caracterizadas quanto a compostos bioativos: ácido ascórbico (AOAC, 1997; Benassi e Antunes, 1988), compostos fenólicos totais (Waterhouse, 2006), antocianinas totais, flavonoides totais (Francis, 1982), carotenóides (Higby, 1962) e betalaínas (Castellar et al., 2003).

A caracterização física das farinhas incluiu a determinação de higroscopicidade (Cai e Corke, 2000), solubilidade (Eastman e Moore, 1984; Cano-Chauca et al., 2005), densidade absoluta (ρabs) com picnômetro de vidro e hexano, densidade aparente (ρap) (Politi, 2009), densidade compactada (ρc) (Tonon, 2009), índice de compressibilidade (índice de Carr) e Fator de Hausner (FH) (Wells, 1988), e porosidade intragranular dos pós (Banker; Anderson, 1987).

$$\text{Ɛ} = 1 - \frac{\rho_{ap}}{\rho_{abs}} \times 100 \qquad (1)$$

Em que:

ε - porosidade intragranular (%)

ρ_{ap}- densidade aparente (g/cm^3)

ρ_{abs}- densidade absoluta (g/cm^3)

O ângulo de repouso foi obtido da geometria do cone para uma massa de amostra de 30 g, de acordo com a Equação 2 (Bhandari et al., 1998):

$$\theta = Arctang\left(\frac{2\text{h}}{\text{D}}\right) \qquad (2)$$

Em que:

θ - ângulo de repouso

h - altura da pilha

D - diâmetro da pilha

A molhabilidade foi determinada pelo método estático, proposto por Freudig et al. (1999).

As análises estatísticas de todos os dados foram realizadas por meio de comparação entre médias, usando o delineamento inteiramente casualizado aplicado no programa Assistat, versão 7.7 Beta (Silva e Azevedo, 2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros físico-químicos determinados nas sementes de trapiá in natura são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Caracterização físico-química das sementes de trapiá in natura

Parâmetros	Sementes de trapiá (b.u.)	Sementes de trapiá (b.s.)
Teor de água (%)	59,24 ± 2,58	146,01± 15,96
Atividade de água (aw)	0,984 ± 0,001	0,984 ± 0,001
Potencial hidrogeniônico (pH)	4,21 ± 0,01	4,21± 0,01
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	0,60 ± 0,00	1,50 ± 0,01
Cinzas (%)	1,67 ± 0,06	4,09 ± 0,16
Proteína (%)	7,91 ± 0,37	19,82 ± 0,92
Lipídeos (%)	5,10 ± 0,28	12,51± 0,70
Amido (%)	8,75 ± 0,12	21,61 ± 0,31
Cor (L*)	12,05 ± 0,09	12,05 ± 0,09
Cor (a*)	2,02 ± 0,49	2,02 ± 0,49
Cor (b*)	9,46 ± 0,11	9,46 ± 0,11
Açúcares totais (% glicose)	6,23 ± 0,00	15,29 ± 0,11
Açúcares redutores (% glicose)	4,40 ± 0,01	10,81 ± 0,01
Açúcares não redutores (% sacarose)	1,83 ± 0,00	4,48 ± 0,01

*b.u. base úmida; b.s. base seca.

O teor de água das sementes de trapiá (59,24%) é alto comparado ao estudo de Silva et al. (2015) sobre trapiá (6,52%). Esse alto valor pode ser devido ao armazenamento congelado, que causa absorção de água durante o degelo, resultando em atividade de água elevada (0,984), favorável ao crescimento de microrganismos (Fonseca e Cantarelli, 1984), necessitando armazenamento adequado.

O pH das sementes de trapiá é próximo ao reportado por Silva et al. (2015) (4,81) e semelhante ao de gabiroba (4,65) (Mendes et al., 2018). A acidez titulável das sementes de trapiá é baixa, comparada a 1,7% de ácido cítrico em sementes de girassol e maracujá do mato (Nascimento et al., 2018; Araújo et al., 2019).

O conteúdo de cinzas (1,67%, ou 4,09% em base seca) é diferente do valor de Silva et al. (2015) (21,31% bs), possivelmente devido ao processamento da matéria-prima. O teor de proteína bruta (19,82% bs) é inferior ao de Silva et al. (2015) (34,44% bs), atribuído ao processamento, mas semelhante ao de sementes de melancia (7,72%) (Souza et al., 2019) e sementes de uva (5,26%) (Oliveira et al., 2014).

O teor lipídico das sementes de trapiá (5,10%) é próximo ao de noni (6,34%) (LEMOS et al., 2015), mas inferior ao de sementes de uva (12,27%) (Oliveira et al., 2014), umbu (8,92%) (Ribeiro et al., 2019) e maracujá (24%) (Araújo et al., 2019). O teor de amido é similar ao de sementes de jaca (22,04% base seca) (Leite et al., 2020).

As sementes de trapiá têm baixa luminosidade (L* = 12,05) e coordenadas de cromaticidade próximas às transições vermelho/verde (a* = 2,02) e amarelo/azul (b* = 9,46). O teor de açúcares totais (6,23% de glicose) apresenta predominância de açúcares redutores, diferentemente das sementes de jaca e noni, onde os açúcares não redutores predominam (Leite et al., 2020; Lemos et al., 2015).

Na Tabela 2 são apresentados os valores referentes à caracterização dos compostos bioativos nas sementes de trapiá in natura.

Tabela 2- Teores dos compostos bioativos das sementes de trapiá in natura

Parâmetro (mg/100 g)	Sementes de trapiá (b.u.)	Sementes de trapiá (b.s.)
Ácido ascórbico	20,45 ± 0,95	50,16 ± 2,33
Compostos fenólicos totais	90,87 ± 0,22	222,57 ± 0,54
Antocianinas totais	0,31 ± 0,01	0,76 ± 0,01
Flavonoides totais	4,98 ± 0,01	12,21 ± 0,02
Carotenóides totais	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,00
Betaxantinas	1,14 ± 0,02	2,80 ± 0,06
Betacianinas	1,33 ± 0,09	3,26 ± 0,21

*b.u. base úmida; b.s. base seca.

As sementes de trapiá têm um teor de vitamina C quase 150% maior que o das sementes de atemoia (8,18 mg/100 g de ácido ascórbico) relatado por Cruz et al. (2013), fornecendo quase 50% da IDR de vitamina C para adultos (45 mg, Brasil, 2003). Em termos de compostos fenólicos totais, elas quase dobram o valor das sementes de atemoia e superam o de sementes de gabiroba (1,31 mg/100 g, Mendes et al., 2018). O teor de antocianinas nas sementes de trapiá é inferior ao encontrado em grãos de soja, de 26,5-148,7 mg/100 g (Carrão-Panizzi et al., 2019), mas essas antocianinas são benéficas para a microbiota e protegem contra doenças neurodegenerativas e crônicas (Morais et al., 2016).

Os flavonoides nas sementes de trapiá são menores que os das sementes de acerola, de 11,17-49,45 mg/100 g (Dala-Paula et al., 2019) mas superiores aos das sementes de cupuaçu, de 5,92 mg/100 g (COSTA et al., 2019). Flavonoides possuem efeitos antivirais, anti-inflamatórios e antioxidantes (González-Gallego et al., 2014).

As sementes de trapiá têm um teor de carotenoides de 0,01 mg/100 g, comparado a 0,29 mg/100 g em sementes de pequi (LIMA et al., 2007). Carotenoides ajudam na supressão de radicais livres e inibem úlceras gástricas e doenças de pele (Aquino et al., 2009).

As betaxantinas e betacianinas nas sementes de trapiá são de 1,44 e 1,33 mg/100 g, respectivamente, e são potentes antioxidantes naturais (Choi et al., 2015).

Na Tabela 3 são apresentados os valores referentes à caracterização físico-química das farinhas das sementes de trapiá obtidas nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C (base seca).

Tabela 3- Caracterização físico-química das farinhas de sementes de trapiá (b.s.)

Parâmetros	Temperatura de secagem das farinhas das sementes de trapiá			
	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C
Teor de água (%)	$4,48^{a} \pm 0,33$	$3,96^{a} \pm 0,34$	$2,11^{b} \pm 0,30$	$1,83^{b} \pm 0,33$
Atividade de água (a_w)	$0,286^{a} \pm 0,001$	$0,266^{b} \pm 0,002$	$0,218^{c} \pm 0,001$	$0,178^{d} \pm 0,002$
pH	4,23± 0,01	4,19± 0,01	4,21± 0,02	4,22± 0,01
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	$2,06^{a} \pm 0,02$	$1,98^{b} \pm 0,03$	$1,82^{c} \pm 0,00$	$1,67^{d} \pm 0,01$
Cinzas (%)	$3,44^{a} \pm 0,05$	$3,50^{a} \pm 0,04$	$3,15^{b} \pm 0,02$	$3,16^{b} \pm 0,07$
Proteína bruta (%)	$17,74^{a} \pm 0,08$	$16,87^{a} \pm 0,34$	$17,30^{a} \pm 0,56$	$16,88^{a} \pm 0,50$
Lipídeos (%)	$29,38^{a} \pm 1,71$	$29,30^{a} \pm 0,58$	$29,76^{a} \pm 0,53$	$30,52^{a} \pm 0,29$
Amido (%)	$34,21^{a} \pm 0,53$	$33,91^{ab} \pm 0,62$	$32,85^{b} \pm 0,29$	$33,11^{ab} \pm 0,30$
Cor (L*)	$2,02^{a}$± 0,01	$1,88^{ab}$± 0,12	$1,87^{ab}$± 0,02	$1,68^{b}$± 0,11
Cor (a*)	$4,95^{a}$± 0,25	$4,76^{a}$± 0,28	$4,36^{a}$± 0,14	$4,43^{a}$± 1,02
Cor (b*)	$3,26^{a}$± 0,07	$3,10^{ab}$± 0,23	$3,14^{ab}$± 0,09	$2,70^{b}$± 0,22
Açúcares totais (% glicose)	$17,65^{a} \pm 0,02$	$17,31^{b} \pm 0,03$	$14,31^{c} \pm 0,02$	$13,86^{d} \pm 0,04$
Açúcares redutores (% glicose)	$11,62^{b} \pm 0,01$	$11,96^{a} \pm 0,01$	$10,42^{d} \pm 0,01$	$11,18^{c} \pm 0,02$
Açúcares não redutores (% sacarose)	$6,03^{a} \pm 0,03$	$5,35^{b} \pm 0,03$	$3,89^{c} \pm 0,01$	$2,68^{d} \pm 0,02$

Médias seguidas por letras iguais na mesma linha, não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Observa-se que o teor de água das farinhas diminui gradativamente com o aumento da temperatura, atingindo o valor mínimo a 80 ºC, abaixo do limite legal de 15% (Brasil, 2005). A atividade de água também diminui, mantendo as farinhas microbiologicamente estáveis com valores abaixo de 0,6 (Fennena et al., 2010). O pH das farinhas variou entre 4,19 e 4,23, semelhante ao da semente *in natura*, enquanto Silveira et al. (2016) encontraram pH de 5,98 em farinha de sementes de goiaba seca a 55 °C. Um pH abaixo de 5 é desejável para inibir a polifenoloxidase (Lipasek et al., 2011).

A acidez total titulável diminuiu com o aumento da temperatura, variando entre 1,67 e 2,06% de ácido cítrico, aumentando em relação às sementes *in natura*. Silveira et al. (2016) relataram acidez de 0,33% em farinha de sementes de goiaba. O teor de cinzas diminuiu com o aumento da temperatura, sendo menor que o das amostras in natura (4,09%) e similar aos valores relatados por Baraheng e Karrila (2019) para farinhas de sementes de durian.

Não houve diferença significativa no teor de proteínas, que variou de 16,88 a 17,74%, inferior ao valor nas sementes in natura (19,82%). Farinhas de sementes de trapiá são consideradas ricas em proteínas (Brasil, 2012) com teores entre 16,33 e 17,16% em base úmida. O teor de lipídeos aumentou mais de 100% em relação à amostra in natura, alinhado com o efeito do processamento térmico descrito por Akinoso et al. (2011). Baraheng e Karrila (2019) encontraram teores lipídicos entre 0,50 e 0,64% em farinhas de sementes de durian, enquanto Silveira et al. (2016) relataram 12,94% em farinha de sementes de goiaba.

O teor de amido nas farinhas foi cerca de 50% maior que nas sementes in natura, com maior concentração a 50 °C. Santos et al. (2012) relataram teor de 43,56% em farinha de sementes de jaca. A luminosidade das farinhas diminuiu com o aumento da temperatura, indicando escurecimento, com L* de 1,68 a 80 °C. A coordenada +b* reduziu significativamente com o aumento da temperatura, enquanto +a* não variou significativamente, resultando em aumento do vermelho e redução do matiz amarelo.

Os teores de açúcares totais e redutores diminuíram com o aumento da temperatura de secagem. A 50 e 60 °C, o teor de açúcares redutores foi mais alto que na amostra in natura, mas inferior a 70 e 80 °C. Queiroz et al. (2015) relataram 16,57% de

glicose em farinha de sementes de lichia. Açúcares redutores são predominantes e mais importantes para o sabor (Oetterer, 2006).

Na Tabela 4 são apresentados os valores referentes à caracterização dos compostos bioativos das farinhas de sementes de trapiá obtidas nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C (base seca).

Tabela 4- Teores dos compostos bioativos das farinhas de sementes de trapiá (b.s.)

Parâmetros (mg/100 g)	Temperatura de secagem das farinhas das sementes de trapiá			
	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C
Ácido ascórbico	$126,21^{a} \pm 4,29$	$127,84^{a} \pm 5,58$	$106,10^{b} \pm 1,82$	$134,66^{a} \pm 2,15$
Compostos fenólicos totais	$244,79^{d} \pm 0,42$	$279,88^{b} \pm 0,21$	$267,55^{c} \pm 0,36$	$300,28^{a} \pm 0,60$
Antocianinas totais	$2,90^{b} \pm 0,10$	$4,22^{a} \pm 0,01$	$2,03^{c} \pm 0,07$	$4,07^{a} \pm 0,05$
Flavonoides totais	$8,49^{c} \pm 0,02$	$12,43^{a} \pm 0,02$	$9,77^{b} \pm 0,02$	$12,41^{a} \pm 0,03$
Carotenoides totais	$0,11^{d} \pm 0,00$	$0,12^{c} \pm 0,00$	$0,13^{b} \pm 0,00$	$0,16^{a} \pm 0,00$
Betaxantinas	$2,25^{a} \pm 0,02$	$1,99^{c} \pm 0,04$	$1,73^{d} \pm 0,00$	$2,16^{b} \pm 0,02$
Betacianinas	$3,49^{b} \pm 0,10$	$3,69^{a} \pm 0,06$	$2,92^{c} \pm 0,03$	$3,46^{b} \pm 0,06$
Betalainas	$5,49^{a} \pm 0,11$	$5,45^{a} \pm 0,05$	$4,55^{a} \pm 0,03$	$5,53^{a} \pm 0,06$

Médias seguidas por letras iguais na mesma linha, não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

A concentração de ácido ascórbico não variou com a temperatura de secagem, sempre superando em mais de 100% a amostra in natura. Todas as amostras excedem duas vezes a ingestão diária recomendada de vitamina C (Brasil, 2003).

O teor de fenólicos totais aumentou com a temperatura, sendo maior a 80 °C, superando a amostra in natura. Isso pode ser devido à reação de Maillard, que produz compostos fenólicos (Bagheri et al., 2016; Yanagimoto et al., 2002). Santos et al. (2014) relataram fenólicos de 2,66 e 3,01 mg/100 g em sementes de mamão havaí e camilosa, respectivamente. Silva et al. (2013) encontraram 13,79 mg/100 g em resíduos de abacaxi secos a 60 °C.

Flavonoides e antocianinas variaram sem tendência clara com a temperatura de secagem. A secagem triplicou os teores de antocianinas em relação à amostra in natura, mas não melhorou os flavonoides. Compostos bioativos, como antocianinas e flavonoides, têm efeitos antioxidantes e podem prevenir doenças cardiovasculares (BRAGA et al., 2018). Silva et al. (2013) observaram aumento de flavonoides após secagem de resíduos de abacaxi. Queiroz et al. (2015) reportaram 6,80 e 51,19 mg/100 g de antocianinas e flavonoides, respectivamente, em farinha de sementes de lichia seca a 45 °C. Castro et al. (2017) encontraram flavonoides variando entre 0,001 e 0,004 mg/100 g em farinha de taro, valores inferiores à farinha de sementes de trapiá.

O teor de carotenoides aumentou com a temperatura de secagem, superando a amostra in natura. Siqueira et al. (2015) encontraram 0,0015 mg/100 g em farinha de sementes de baru. Soquetta et al. (2016) relataram carotenoides entre 0,03 e 0,27 mg/100 g em farinhas de resíduos de kiwi.

Betaxantinas e betacianinas não apresentaram tendências claras com a temperatura. As betaxantinas foram menores que na amostra in natura, enquanto as betacianinas geralmente superaram, mas por pequenas diferenças. Vergara et al. (2014) relataram betaxantinas entre 3,3 e 4,3 e betacianinas entre 7,2 e 8,2 mg/100 g em figo-da-índia seco por aspersão e armazenado a 60 °C.

A Tabela 5 apresenta a caracterização física das farinhas de sementes de trapiá obtidas a 50, 60, 70 e 80 °C.

Tabela 5- Caracterização física das farinhas de sementes de trapiá

Parâmetros	Temperatura de secagem das farinhas de sementes de trapiá			
	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C
Higroscopicidade (%)	$69,06^{d} \pm 0,85$	$75,70^{c} \pm 0,51$	$81,62^{b} \pm 2,27$	$86,34^{a} \pm 0,31$
Solubilidade (%)	$5,67^{a} \pm 0,37$	$5,60^{a} \pm 0,03$	$5,55^{a} \pm 0,63$	$5,47^{a} \pm 0,10$
Densidade absoluta (g/cm³)	$1,40^{a} \pm 0,13$	$1,43^{a} \pm 0,10$	$1,46^{a} \pm 0,14$	$1,51^{a} \pm 0,09$
Densidade aparente (g/cm³)	$0,43^{a} \pm 0,01$	$0,44^{a} \pm 0,01$	$0,41^{a} \pm 0,01$	$0,42^{a} \pm 0,02$
Densidade compactada (g/cm³)	$0,68^{a} \pm 0,01$	$0,69^{a} \pm 0,03$	$0,67^{a} \pm 0,02$	$0,66^{a} \pm 0,04$
Índice de compressibilidade (%)	$36,66^{a} \pm 1,15$	$36,00^{a} \pm 1,00$	$37,33^{a} \pm 1,15$	$35,66^{a} \pm 1,53$
Fator de Hausner	$1,57^{a} \pm 0,03$	$1,56^{a} \pm 0,02$	$1,59^{a} \pm 0,03$	$1,55^{a} \pm 0,04$
Porosidade (%)	$68,98^{a} \pm 3,47$	$68,76^{a} \pm 2,95$	$71,24^{a} \pm 2,10$	$71,87^{a} \pm 1,07$
Ângulo de repouso (°)	$33,44^{b} \pm 1,07$	$35,55^{a} \pm 0,75$	$35,69^{a} \pm 0,84$	$35,54^{a} \pm 0,33$
Molhabilidade (mg/s)	$226,55^{b} \pm 4,86$	$205,15^{c} \pm 3,45$	$204,21^{c} \pm 1,60$	$284,18^{a} \pm 1,82$

Médias seguidas por letras iguais na mesma linha, não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

A higroscopicidade das farinhas de semente de trapiá aumentou com a temperatura, atingindo um máximo de 25% entre 50 e 80 ºC, sendo classificadas como extremamente higroscópicas (GEA Niro Research Laboratory, 2003). Freitas et al. (2019) observaram comportamento semelhante com pó de polpa de abacaxi a 100 e 120 °C.

A solubilidade das farinhas diminuiu com o aumento da temperatura de secagem, sem diferenças estatisticamente significativas, similar ao observado em cajá e graviola por Freitas et al. (2018) e Dieb et al. (2015).

A densidade absoluta das farinhas de trapiá não variou significativamente, mas mostrou tendência de aumento, semelhante às farinhas de manga e atemoia (Santos et al., 2018; Sousa et al., 2015). As densidades aparentes e compactadas também não apresentaram diferenças significativas, conforme relatado por Sogi et al. (2013) e Santos et al. (2018) em resíduos e sementes de manga.

O índice de compressibilidade e o Fator de Hausner das farinhas não variaram significativamente, indicando fluidez pobre e alta coesividade (Santhalakshmy et al., 2015). A porosidade variou entre 68 e 71% (Viganó et al., 2012), semelhante à de farinhas de abóbora (Que et al., 2008). O ângulo de repouso indicou escoamento livre, com menor valor a 50 °C, comparável aos ângulos encontrados por Medeiros e Lannes (2010) em farinhas de alfarroba e cupuaçu.

A molhabilidade foi maior a 80 °C, sem influência clara da temperatura de secagem, e foi classificada como boa, com imersão completa em menos de 5 minutos (Lannes; Medeiros, 2003; Santos et al., 2018).

4. CONCLUSÕES

As sementes de trapiá são boas fontes de proteínas, lipídios, ácido ascórbico, compostos fenólicos totais e flavonóides.

Comparadas com as sementes antes das secagens, as farinhas apresentaram, em média, maiores valores de lipídios, amido, ácido ascórbico, compostos fenólicos, antocianinas e carotenóides. Obtendo ainda características físicas favoráveis, como baixa solubilidade, escoamento livre e boa molhabilidade. Além disso, apontam-se boas características nutricionais como rica em bioativos.

A farinha obtida a 80 °C apresentou, de forma geral, os melhores valores para os compostos bioativos, com destaque para o ácido ascórbico e compostos fenólicos totais.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossa gratidão ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio. Agradecemos também à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) pela assistência técnica.

REFERÊNCIAS

[1] AKINOSO, R.; ABOABA, S. A.; OLAJIDE, W. O. Optimization of roasting temperature and time during oil extraction from orange (*Citrus sinensis*) seeds: a response surface methodology approach. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development**, v. 11, n. 6, 2011.

[2] AMORIM, E. G. Elaboração alternativa de produtos a partir de resíduos alimentares. **Veredas Favip**, v. 7, n. 1, p. 50-60, 2014.

[3] AOAC.ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists.**Washington: AOAC, 1997. 1041p.

[4] AQUINO, L. P.; FERRUE, F. Q.; BORGES, S. V.; ANTONIASSI, R.; CORREA, J. L. G.; CIRILLO, M. A. Influência da secagem do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) na qualidade do óleo extraído. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 354-357, 2009.

[5] ARAÚJO FILHO, D. G.; EIDAM, T.; BORSATO, A. V.; RAUPP, D. da S. Processamento de produto farináceo a partir de beterrabas submetidas à secagem estacionária. **Acta Scientiarum-Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 207-214, 2011.

[6] ARAÚJO, A. J. B.; SANTOS, N. C.; BARROS, S. L.; VILAR, S. B. O.; SCHMIDT, F. L.; ARAÚJO, F. P.; AZEVÊDO, L. C. Caracterização físico-química e perfil lipídico da semente de maracujá do mato (*Passiflora cincinnata mast.*). **Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação**, v.2, n.3, p. 14-22, 2019.

[7] BAGHERI, H.; KASHANINEJAD, M.; ZIAIIFAR, A. M.; AALAMI, M. Novel hybridized infrared-hot air method for roasting of peanut kernels. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 37, p. 106-114, 2016.

[8] BARAHENG, S.; KARRILA, T. Chemical and functional properties of durian (*Durio zibethinus* Murr.) seed flour and starch. **Food Bioscience**, v. 30, p. 1-8, 2019.

[9] BECKER-ALGERI, T. A.; MENDES, G. L.; COLLI, R.; GRILO, B. C.; FURLONG, E. B. Efeito do beneficiamento e aplicação de tratamento térmico na composição química e digestibilidade proteica do arroz. **Revista CSBEA**, v. 3, n. 1, p. 1- 7, 2017.

[10] BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1988.

[11] BANKER, G. S.; ANDERSON, N. R. **The theory and practice of industrial pharmacy 3**, 1987, 293-345p.

[12] BHANDARI, B. R.; DATTA, N.; D'ARCY, B. R.; RINTOUL, G. B. Co-crystallization of honey with sucrose. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v.31, n.2, p.138-142, 1998.

[13] BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A. Rapid method for total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiolog**, v. 37, p. 911-917, 1959.

[14] BRAGA, A. R. C.; MESQUITA, L. M. DE S.; MARTINS, P. L. G.; HABU, S.; ROSSO, V. V. A fermentação com *Lactobacillus* da polpa de Jussara leva à conversão enzimática de antocianinas, aumentando a atividade antioxidante. **Jornal de Composição e Análise de Alimentos**, v. 69, p.162-170, 2018.

[15] BRASIL. Agência nacional de Vigilância Sanitária, Resolução nº. 54, de 12 de novembro de 2012. Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2012.

[16] BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Resolução RDC n° 360, de 23 de dezembro de 2003. Aprova Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. **Diário Oficial da União**, 26 de dezembro de 2003.

[17] BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2005.

[18] CABRAL, D. L. V.; CASTRO, V. T. N. A.; COUTINHO, H. D. M.; TINTINO, S. R.; MENEZES, C. D. A.; MENEZES, I. R. A.; ALBUQUERQUE, U. P.; AMORIM, E. L. C. Modulatory activity and chemical profile of a hydroalcoholic extract of *Crataeva tapia* L. **African Journal of Microbiology Research**, v. 9, n. 5, p. 326-331, 2015.

[19] CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of spray-dried (*Amaranthus)* betacyanin pigments. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 6, p. 1248-1252, 2000.

[20] CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, C. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 6, n. 4, p. 420-428, 2005.

[21] CARRÃO-PANIZZI, M. C.; SILVA, B. S.; LEITE, R. S.; GODOY, R. L. O.; SANTIAGO, M. C. P. A.; FELBERG, I.; OLIVEIRA, M. C. N. Isoflavone, anthocyanin, and fatty acid contents of vegetable-type soybean grains at different maturity stages. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, p. 1-8, 2019.

[22] CASTELLAR, R.; ÓBON, J. M.; ALACID, M.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. A. Color properties and stability of betacyanins from *opuntia* fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 9, p. 2772-2776, 2003.

[23] CASTRO, D. S.; OLIVEIRA, T. K. B.; LEMOS, D. M.; ROCHA, A. P. T.; ALMEIDA, R. D. Efeito da temperatura sobre a composição físico-química e compostos bioativos de farinha de taro obtida em leito de jorro. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, e2016060, 2017.

[24] CHOI, J.; KIM, D.; PARK, S.; LEE, H.; KIM, K.; KIM, K.; KIM, M.; KIM, S.; KIM, S. Anti-thrombotic effect of rutin isolated from *Dendropanax morbifera* Leveille. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 120, n. 2, p. 181-186, 2015.

[25] COSTA, R. S.; SANTOS, O. V.; LANNES, S. C. S.; CASAZZA, A. A.; ALIAKBARIAN, B.; PEREGO, P.; RIBEIRO-COSTA, R. M.; CONVERTI, A.; SILVA JÚNIOR, J. O. C. Bioactive compounds and value-added applications of cupuassu (*Theobroma grandiflorum* Schum.) agroindustrial by-product. **Food Science and Technology**, p. 1-7, 2019.

[26] CRUZ, L. S.; LIMA, R. Z.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D.; PINTO, L. M. A. Caracterização física e química das frações do fruto atemoia Gefner. **Ciência Rural**, v.43, n.12, p. 2280-2284, 2013.

[27] DALA-PAULA, B. M.; SANTOS, T. P.; ARAÚJO, L. S.; BASTOS, R. R. A.; MORAES, J. O.; CARBONERA, N. Domestic processing and storage on the physical-chemical characteristics of acerola juice (*Malpighia glabra* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 43, e021519, p. 1-8, 2019.

[28] DIEB, J. T.; GURGEL, C. M.; DANTAS, T. P.; MEDEIROS, M. F. D. Secagem da polpa de graviola pelo processo foam-mat e avaliação sensorial do produto obtido. **Revista Tecnologia & Informação**, v.2, n.2, p.24-31, 2015.

[29] EASTMAN, J. E.; MOORE, C. O. **Cold water soluble granular starch for gelled food composition.** U.S.Patent 4465702, 1984.

[30] FEITOSA, B. F.; OLIVEIRA, E. N. A.; OLIVEIRA NETO, J. O.; OLIVEIRA, D. B.; FEITOSA, R. M. Cinética de secagem dos resíduos da agroindústria processadora de polpa de frutas. **Energia na Agricultura**, v. 34, n.1, p. 134-141, 2019.

[31] FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de Alimentos de Fennema**. 4 Ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900p.

[32] FERNANDES, A. F.; PEREIRA, J.; GERMANI, R.; OIANO-NETO, J. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum tuberosum* Lineu). **Ciência e Tecnologias de Alimentos**, v. 28, p. 56-65, 2008.

[33] FONSECA, H.; CANTARELLI, P. R. Princípios e métodos gerais de conservação de alimentos pelo controle da umidade, por preservativos e por radiações: embalagens. In: CAMARGO, R.; FONSECA, H. **Tecnologia dos produtos agropecuários**: alimentos. São Paulo: Nobel, p. 97- 112, 1984.

[34] FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, 1982.p. 181-207.

[35] FREITAS, B. S. M.; CAVALCANTE, M. D.; CAGNIN, C.; SILVA, R. M.; PLÁCIDO, G. R.; OLIVEIRA, D. E. C. Physical-chemical characterization of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) foam-mat drying at different temperatures. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 6, p. 430-435, 2018.

[36] FREITAS, E. F. M.; LOPES, L. L.; ALVES, S. M. F.; CAMPOS, A. J. Efeito da maltodextrina no sumo da polpa de abacaxi 'Pérola' atomizado. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 275-282, 2019.

[37] FREUDIG, B.; HOGEKAMP, S.; SCHUBERT, H. Dispersion of powders in liquids in a stirred vessel. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v. 38, n. 4-6, p. 525-532, 1999.

[38] GEA Niro Research Laboratory. **Analytical methods dry milk products**. GEA Niro analytical methods. Soeborg: Denmark, 2003.

[39] ONZÁLEZ-GALLEGO, J.; GARCÍA-MEDIAVILLA, M. V.; SÁNCHEZ-CAMPOS, S.; TUÑÓN, M. J. Anti-Inflammatory and Immunomodulatory Properties of Dietary Flavonoids. **Polyphenols in Human Health and Disease**. v. 1, p. 435–452, 2014.

[40] HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribuition in natural carotene-fortified orange juice. **Jornal of Food Science**, v. 27, n. 1, p. 42-49, 1962.

[41] IAL- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e Físicos Para Análise de Alimentos**. 1 ed. Online: São Paulo: IAL, 2008.

[42] LANNES, S. C. S.; MEDEIROS, M. L. Processamento de achocolatado de cupuacu por *spray-dryer*. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 39, n. 1, p. 115-123, 2003.

[43] LEITE, D. D. F.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; CAMPOS, A. R. N.; SANTOS, D. C.; LIMA, T. L. B. Germination impact in the nutrition and technological properties of jackfruit seeds. **Journal of Agricultural Studies**, v. 8, n. 1, p. 79-100, 2020.

[44] LEMOS, D. M.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Caracterização físico-química de sementes de noni. **Revista GEINTEC**, v. 5, n. 3, p. 2308- 2315, 2015.

[45] LIMA, A.; SILVA, A. A. O.; TRINDADE, R. A.; TORRE, R. P.; MANCINI-FILHO, J. composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense*, camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 695-698, 2007.

[46] LIMA, B. N. B.; LIMA, F.F.; TAVARES, M. I. B.; COSTA, A. M. M.; PIERUCCI, A. P. T. R. Determination of the centesimal composition and characterization of flours from fruit seeds. **Food Chemistry**, v. 151, p. 293–299, 2014.

[47] LIPASEK, R. A.; TAYLOR, L. S.; MAUER, L. J. Effects of anticaking agents and relative humidity on the physical and chemical stability of powdered vitamin C. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 7, p. 1062-1074, 2011.

[48] *LORENZI, H.* ***Brazilian trees: identification and cultivation of native tree plants in Brazil****. 5.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2009.384 p.*

[49] MEDEIROS, M. L.; LANNES, S. C. S. Propriedades físicas de substitutos do cacau. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 243-253, 2010.

[50] MENDES, R. M.; PINTO, E. G.; SOARES, D. B. S. Determinação dos compostos bioativos da gabiroba. **Revista Agrarian**, v. 11, n. 39, p. 68-72, 2018.

[51] MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426 - 428, 1959.

[52] MORAIS, C.A.; ROSSO, V.V.; ESTADELLA, D.; PISANI, L.P. Anthocyanins as inflammatory modulators and the role of the gut microbiota. **Journal of Nutritional Biochemistry.** v. 33, p. 1–7, 2016.

[53] NASCIMENTO, A. P. S.; BARROS, S. L.; SANTOS, N. C.; ARAÚJO, A. J. B.; CAVALCANTI, A. S. R. R. M.; DUARTE, M. E. M. Secagem convectiva e influência da temperatura nas propriedades físico-químicas das amêndoas de girassol comercial. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 20, n .3, p. 227-238, 2018.

[54] OETTERER, M.; SARMENTO, S.B.S. Propriedade dos açúcares. In: OETTERER, M.; REGISTRANO D'ARCE, M.A.B. SPOTO, M.H.F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri: Manole, 2006. p.135-564.

[55] OLIVEIRA, F. M.; BRUNI, G. P.; MORAIS, M. M.; SANTOS, R. B.; CREXI, V. T. Caracterização físico-química da semente de uva da variedade cabernet sauvignon. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química – COBEQ, 20. **Anais**. Florianópolis-SC, 2014.

[56] POLITI, F. A. S. **Estudos farmacognósticos e avaliação de atividades biológicas de extratos obtidos das cascas pulverizadas de *endopleurauchi* (huber) *cuatrec*. (humiriaceae).** 2009. 143f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Estadual Paulista: Araraquara, 2009.

[57] PRATISSOLI, D.; POLANCZYK, R. A.; DALVI, L. P.; COCHETO, J. G.; MELO, D. F. Ocorrência de *Asciamonusteorseis* (*Lepidoptera: Pieridae*) danificando mudas de *Crataeva tapia* L. **Ciência Rural**, v. 37, n. 3, p. 874-875, 2007.

[58] QUE, F.; MAO, L.; FANG, X.; WU, T. Comparison of hot air-drying and freeze-drying on the physicochemical properties and antioxidant activities of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) flours. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 43, n. 7, p. 1195-1201, 2008.

[59] QUEIROZ, E. R.; ABREU, C. M. P.; SANTOS, C. M.; SIMÃO A. A. Chemical and phytochemical composition of flours from skin and seeds of 'Bengal' lychee (*Litchi chinensis* Sonn). **Ciência Rural**, v. 45, n. 2, p. 329-334, 2015.

[60] RIBEIRO, L. O.; VIANA, E. S.; GODOY, R. L. O.; FREITAS, S. C.; FREITAS, S. P.; MATTA, V. M. Nutrients and bioactive compounds of pulp, peel and seed from umbu fruit. **Ciência Rural**, v. 49, n. 4, e20180806, p. 1-8, 2019.

[61] ANTHALAKSHMY, S.; DON BOSCO, S. J. D.; FRANCIS, S.; SABEENA, M. Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. **Powder Technology**, v. 274, n. 1, p. 37-43, 2015.

[62] SANTOS, C. M.; ABREU, C. M. P.; FREIRE, J. M.; QUEIROZ, E. R.; MENDONÇA, M. M. Chemical characterization of the flour of peel and seed from two papaya cultivars. **Food Science and Technology**, v. 34, n. 2, p.353-357, 2014.

[63] SANTOS, D. B.; MACHADO, M. S.; ARAÚJO, A. F.; CARDOSO, R. L.; TAVARES, J. T. Q. desenvolvimento de pão francês com a adição de farinha de caroço de jaca (*Artocarpos integrifólia* L.). **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 597-602. 2012.

[64] SANTOS, F. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; LIMA, T. L. B.; LIMA, A. R. C.; QUEIROZ, A, J. M. Caracterização física de farinha de amêndoas de manga. In: CONGRESSO TÉCNICO E CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA – CONTECC, **Anais.** Maceió-AL, 2018.

[65] SILVA, D. I. S.; NOGUEIRA, G. D. R.; DUZZIONI, A. G.; BARROZO, M. A. S. Changes of antioxidante constituents in pineapple (*Ananas comosus*) residue during process. **Industrial Crops and Products**, v. 50, p. 557- 562, 2013.

[66] SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.39, p. 3733-3740, 2016.

[67] SILVA, J. C. S.; CAETANO, L. C.; DELLANE, S.; ABDALLA, A. L.; SILVA, N. V. Nutritional quality of Trapiá (*Crataeva tapia* L.) from the Caatinga Biome. **Journal of Research in Agriculture and Animal Science**, v. 3, n. 1, p. 01-05, 2015.

[68] SILVEIRA, M. L. R.; SANTOS, C. O.; PENNA, N. G.; SAUTTER, C. K.; ROSA, C. V.; BERTAGNOLLI, S. M. M. Aproveitamento tecnológico das sementes de goiaba (*Psidium guajava* L.) como farinha na elaboração de biscoitos. **Boletim CEPPA**, v. 34, n. 1, p. 1-20, 2016.

[69] SIQUEIRA, A. P. S.; PACHECO, M. T. B.; NAVES, M. M. V. Nutritional quality and bioactive compoundsof partially defatted baru almond flour. **Food Science and Technology**, v. 35, n.1, p. 127-132, 2015.

[70] SOGI, D. S.; SIDDIQ, M.; GREIBY, I.; DOLAN, K. D. Total phenolics, antioxidant activity, and functional properties of 'Tommy Atkins' mango peel and kernel as affected by drying methods. **Food Chemistry**, v. 141, p. 2649–2655, 2013.

[71] SOQUETTA, M. B.; STEFANELLO, F. S.; HUERTA, K. M.; MONTEIRO, S. S.; ROSA, C. S.; TERRA, N. N. Characterization of physiochemical and microbiological properties, and bioactive compounds, of flour made from the skin and bagasse of kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*). **Food Chemistry**, n. 199, p. 471–478, 2016.

[72] SOUSA, K. S. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; FERNANDES, T. K. S. Produção e caracterização da polpa de atemoia em pó. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 3, p. 718-728, 2015.

[73] SOUZA, A. V. C.; OLIVEIRA, B. S.; HEY, G. B. S.; WITT, S. H.; BALBI, M. E.; CAMPOS, F. R. Análises química e bromatológicas de sementes e de óleo fixo de melancia (*Citrullus lanatus, cucurbitaceae*). **Visão Acadêmica**, v. 20, n. 1, p. 18-28, 2019.

[74] SOUZA, J. M.; ÁLVARES, V. S.; LEITE, F. M. N.; REIS, F. S. FELISBERTO, F. A. V. Caracterização físico-quimica de farinhas oriundas de variedades de mandioca utilizadas no vale do Juruá. **Acta Amazônica**, v. 38, n. 4, p. 761-766, 2008a.

[75] SOUZA, M. W.; FERREIRA, T. B.; VIEIRA, I. F. Composição centesimal e propriedades funcionais tecnológicas da farinha da casca do maracujá. **Alimentos e Nutrição**, v.1 9, n. 1, p. 33-36, 2008b.

[76] TONON, R. V. **Secagem por atomização do suco de açaí: Influência das variáveis de processo, qualidade e estabilidade do produto.** 2009. 212f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

[77] UCHÔA THOMAZ, A. A.; SOUSA, E. C.; LIMA, A. D.; LIMA, R. M. T.; FREITAS, P. A. P.; SOUSA, M. A. M.; THOMAZ, J. C. D. A.; CARIOCA, J. O. B. Elaboração e aceitabilidade de produtos de panificação enriquecidos com semente de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó. **HOLOS**, v. 5, p. 199-210, 2014.

[78] VERGARA, C.; SAAVEDRA, J.; SÁENZ, C.; GARCÍA, P.; ROBERT, P. Microencapsulation of pulp and ultrafiltrated cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) extracts and betanin stability during storage. **Food Chemistry**, v. 157, p. 246-251, 2014.

[79] VIGANÓ, J.; AZUARA, E.; TELIS, V. R. N.; BERISTAIN, C. I.; JIMÉNEZ, M.; TELIS-ROMERO, J. Role of enthalpy and entropy in moisture sorption behavior of pineapple pulp powder produced by different drying methods. **Thermochimica Acta**, v. 528, p. 63-71, 2012.

[80] WATERHOUSE, A. Folin-ciocalteau micro method for total phenol in wine. **American Journal of Enology and Viticulture**, p. 3-5, 2006.

[81] WELLS, J. I. **Pharmaceutical preformulation: the physicochemical properties of drug substances**. New York:John Wiley & Sons,1988.

[82] YANAGIMOTO, K.; LEE, K. G.; OCHI, H.; SHIBAMOTO, T. Antioxidative activity of heterocyclic compounds found in coffee volatiles produced by Maillard reaction. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 50, n. 19, p. 5480-5484, 2002.

[83] YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, n. 3, p. 508-515, 1954.

Capítulo 3

Efeitos da germinação na composição química de três cultivares de amendoim

Eugênia Telis de Vilela Silva
Alexandre José Melo de Queiroz
Rossana Maria Feitosa de Figueiredo
Henrique Valentim Moura
Aline Priscila de França Silva
Yaroslávia Ferreira Paiva
Fabrícia Santos Andrade
Maria Monique Tavares Saraiva
Francislaine Suelia dos Santos
Anna Karoline de Sousa Lima

Resumo: O processo de germinação de sementes tem sido amplamente utilizado para produzir grãos e brotos diversos da matéria-prima original e com características nutricionais e sensoriais desejáveis. O amendoim germinado, alimento de consumo habitual em regiões da Ásia, tem ganhado popularidade crescente como uma fonte de princípios funcionais. Neste trabalho objetivou-se examinar os efeitos da germinação sobre as propriedades nutricionais de sementes de três cultivares amendoim desenvolvidas no Brasil, L7 Vermelho, BRS Havana e BR1. O processo de germinação reduziu em quase 50% os teores de lipídios das cultivares, reduziu os teores de amido e admitiu variações na quantidade de compostos funcionais mediante o controle do tempo transcorrido do início da germinação. Os maiores teores de compostos fenólicos foram observados nas amostras do broto da cv. BRS Havana no tempo de 48 h (1096 mg/100 g), do cotilédone da cv. L7 Vermelho em 24 h (1041 mg/100 g) e do broto da L7 Vermelho em 48 h (1027 mg/100 g).

Palavras-chave: Arachis hypogaea L., grãos germinados, compostos fenólicos; bioativos; alimentos funcionais.

1. INTRODUÇÃO

O amendoim (Arachis hypogaea L.) é amplamente consumido por suas qualidades sensoriais e seu uso versátil como alimento e ingrediente (Rao et al., 2018). É uma fonte rica em óleo, proteínas, carboidratos, fibras, gorduras, niacina, folato, tiamina, ácido araquídico, magnésio e fósforo, além de compostos bioativos como fenólicos, flavonoides e resveratrol, que contribuem para sua capacidade antioxidante (Qinzhu et al., 2018; Akram; Shafiq; Ashraf, 2018).

A germinação melhora o valor nutritivo do amendoim, alterando sua bioquímica. Este processo envolve hidratação e alongamento do eixo embrionário, mobilizando reservas para o embrião (Limmongkon et al., 2017; Cantelli et al., 2017; Lozano-Isla et al., 2018). Enzimas como amilases, proteases e lipases decompõem proteínas, carboidratos e lipídios, aumentando a digestibilidade e biodisponibilidade dos nutrientes. A germinação também eleva os níveis de antioxidantes e reduz fatores antinutricionais como taninos e ácidos fítico e oxálico (Gan et al., 2019; Nemzer, Lin, Huang, 2019; Zhu; Adedeji; Alavi, 2017).

A qualidade do grão germinado é influenciada por fatores como tempo de imersão, germinação e temperatura, além da variedade genética das sementes (Oyedeji; Mellem; Ijabadeniyi, 2018a; 2018b). O estágio de germinação é crucial, pois os conteúdos fenólicos e a atividade antioxidante variam (Limmongkon et al., 2017). Amendoins germinados são nutritivos, com propriedades medicinais e potencial econômico, apresentando níveis mais altos de flavonoides e compostos fenólicos, e maior atividade antioxidante (Wang et al., 2016; Akram, Shafiq e Ashraf, 2018). Brotos de amendoim são vistos como vegetais funcionais ricos em substâncias fenólicas como resveratrol e araquidina-1 (Yang et al., 2019; Limmongkon et al., 2017; Wang et al., 2016; Li et al., 2014).

Este estudo examina os efeitos da germinação nas propriedades nutricionais de três cultivares geneticamente melhoradas de amendoim.

2. MATERIAL E METÓDOS

2.1. MATERIAL

Foram utilizadas sementes dos cultivares de amendoim, BRS Havana, L7 Vermelho e BR1, do programa de melhoramento genético da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), safra 2018/2019.

2.2. PRÉ-TRATAMENTO E GERMINAÇÃO

Amostras de 100 g de cada variedade de amendoim foram sanitizadas conforme Setia et al. (2019), adaptado, imersas em água destilada (1:10) com 7% (p/v) de hipoclorito de sódio a 28±1 °C por 5 minutos, e drenadas em peneira por 5 minutos. Para a germinação, areia esterilizada (170°C/24h) foi usada como substrato em bandejas (20x30 cm) com 2 kg de areia e 30% (m/m) de água destilada. Cada bandeja recebeu 75 sementes, mantidas em temperatura ambiente com iluminação natural e pulverizadas com água destilada duas vezes ao dia para manter a umidade.

Após a germinação, as sementes foram retiradas e divididas em cotilédones e broto completo (cotilédones e radícula), maceradas em almofariz de porcelana para caracterização.

2.3. CARACTERIZAÇÃO

O teor de umidade foi determinado pelo método de secagem em estufa a 105°C (AOAC, 2006). A proteína bruta foi calculada pelo método de Kjeldahl com fator de conversão de 5,46 (AOAC, 2006). O teor de lipídios foi determinado pela metodologia de Bligh e Dyer (1959). A quantificação do amido seguiu Carvalho et al. (2002). Fenólicos totais foram determinados pelo método de Waterhouse (2006) com reagente de Folin-Ciocalteau e leitura a 765 nm, expressos em mg de GAE/100 g. Taninos foram quantificados também pelo método de Folin-Ciocalteau (Lin e Tang, 2007; Maisont e Narkrugsa, 2010) e expressos em mg de equivalentes de ácido tânico. Açúcares totais foram determinados pelo método da antrona (Yemm e Wilis, 1954) e leitura a 620 nm, enquanto açúcares redutores foram determinados pelo método do DNS (Miller, 1959) e leitura a 540 nm. Antocianinas e flavonoides totais foram determinados por espectrofotometria (Francis, 1982) com leitura a 374 nm para flavonoides e 535 nm para antocianinas. O perfil mineral foi determinado em espectrômetro de fluorescência de raios-X (Shimadzu, modelo EDX-720).

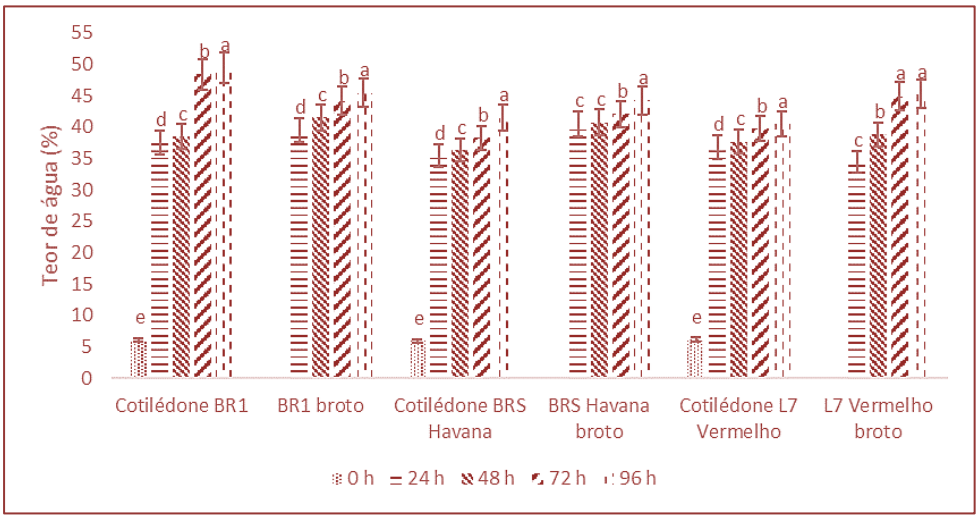
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra a evolução do teor de água nos cotilédones e brotos durante a germinação, de zero a 96 horas, iniciando após 24 horas para os brotos. O teor de água nas sementes de amendoim aumentou rapidamente nas primeiras 24 horas, quase sete vezes, devido ao período de imersão. Após isso, os aumentos foram graduais. Esse padrão foi observado por Li et al. (2014), Lechowsca et al. (2019) e Yildirim (2018) em sementes de amendoim, colza e trigo, respectivamente.

Durante a fase I da germinação, as sementes secas passam por rápida captação de água, essencial para reativar atividades metabólicas, como reparo de mitocôndrias e DNA e síntese de proteínas. Atividades metabólicas e o alongamento dos eixos embrionários podem explicar os aumentos graduais de água (Han; Yang, 2015; Bewley, 1997).

A cultivar BRS Havana teve o menor teor de água inicial (5,88%) comparado ao BR1 (6,05%) e ao L7 Vermelho (6,17%). Apesar do BR1 não ter o maior teor inicial, mostrou a maior absorção de água, indicando uma capacidade diferenciada entre as cultivares.

Figura 1: Níveis de teor de água em massa seca de três cultivares de amendoim durante quatro dias de germinação



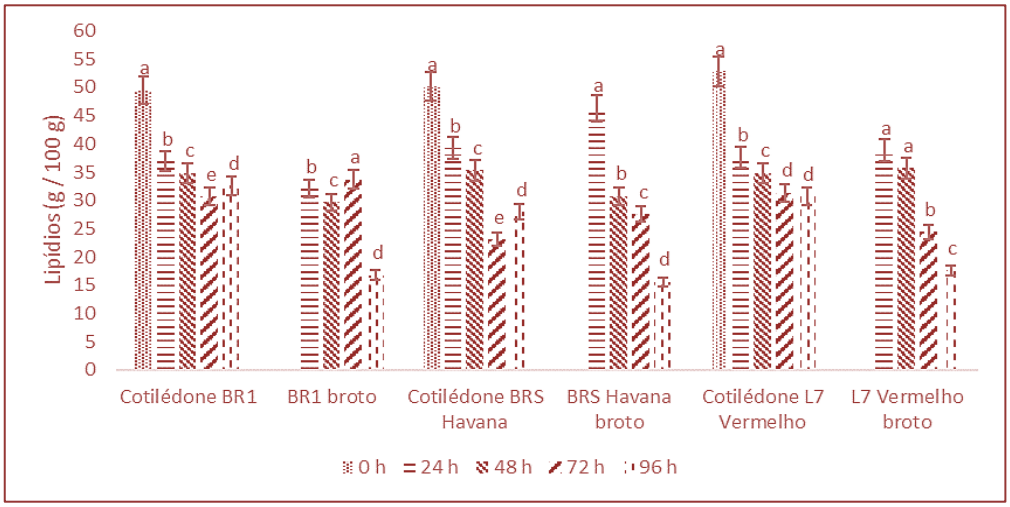
Barras com letras diferentes, representam valores significativamente diferentes ($p<0,05$); barras verticais indicam ± desvio padrão.

A cultivar BRS Havana apresentou o menor teor de água inicial (5,88%), comparado ao BR1 (6,05%) e ao L7 Vermelho (6,17%). Apesar de BR1 não ter o menor teor inicial, mostrou maior capacidade de absorção de água.

A Figura 2 mostra que os teores de lipídios dos cotilédones e brotos diminuem durante a germinação, com reduções mais significativas em 72 e 96 horas, em todas as cultivares. Yu et al. (2016) também relataram reduções nos lipídios de amendoins germinados. Segundo Skupien et al. (2017), os triacilgliceróis são degradados para fornecer carbono e energia.

Nos brotos, a maior redução de lipídios ocorreu em 96 horas, quando já estavam desenvolvidos. Adhikari et al. (2018) observaram que os brotos de amendoim têm menos gordura que as sementes não germinadas. Esses resultados são consistentes com os achados de Rao et al. (2018) e Li et al. (2014), que analisaram os efeitos da germinação no amendoim durante 5 dias.

Figura 2: Níveis de lipídios em massa seca de três cultivares de amendoim durante quatro dias de germinação



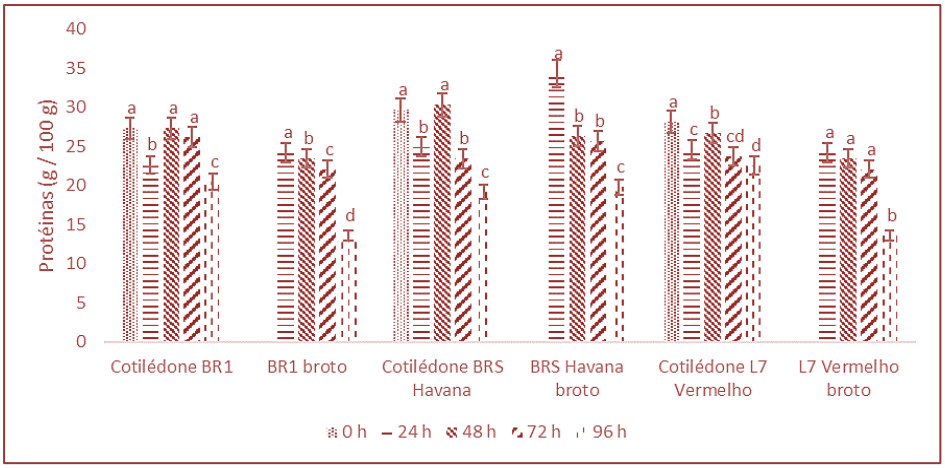
Barras com letras diferentes, representam valores significativamente diferentes ($p<0,05$); barras verticais indicam ± desvio padrão.

A Figura 3 mostra que o teor de proteínas nos cotilédones e brotos diminui significativamente após 96 horas. Nos cotilédones, essa redução também ocorre entre as amostras não germinadas e as de 24 horas de germinação. Nos brotos, a redução é observada entre as amostras germinadas com 24 e 48 horas, mas sem significância estatística no broto L7 vermelho. Nos tempos intermediários, não há tendências claras nos cotilédones, enquanto nos brotos há uma redução absoluta sem confirmação estatística.

Os brotos, exceto o BRS Havana de 24 horas, apresentam níveis de proteína geralmente mais baixos que os cotilédones. Li et al. (2014) observaram constância no teor de proteínas de amendoins durante cinco dias de germinação, enquanto Adhikari et al. (2018) relataram redução significativa nesse período. Rao et al. (2018) indicaram uma redução de 10% após o quinto dia de germinação. Kang et al. (2010) encontraram brotos com níveis mais altos de proteína que os amendoins não germinados. Segundo Martinez et al. (2011), as mudanças na germinação variam conforme o tipo vegetal, variedade da semente e condições de germinação, explicando as discrepâncias nos resultados.

As sementes contêm proteínas com várias funções, sintetizadas durante o desenvolvimento e maturação, armazenadas e depois degradadas na germinação. Proteínas, lipídios e outros macromoléculas insolúveis são hidrolisadas em substâncias menores, como aminoácidos, para biossíntese e energia durante a germinação (Rao et al., 2018; Martinez et al., 2011).

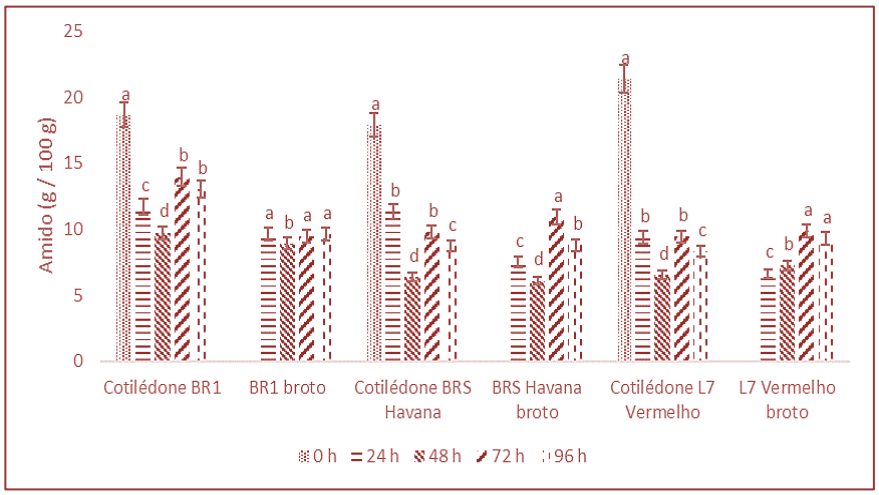
Figura 3: Níveis de proteína em massa seca de três cultivares de amendoim durante quatro dias de germinação



Barras com letras diferentes, representam valores significativamente diferentes ($p<0,05$); barras verticais indicam ± desvio padrão.

A Figura 4 mostra os teores de amido nos cotilédones e brotos de três cultivares de amendoim durante 96 horas de germinação. O amido nos cotilédones diminui drasticamente após a protusão da radícula, atingindo o mínimo em 48 horas, exceto no broto L7 vermelho, que atinge o mínimo em 24 horas. Após 72 horas, há um leve aumento em todas as amostras, que se mantém ou varia até 96 horas. A germinação ativa enzimas hidrolíticas que decompõem amido, polissacarídeos e proteínas, resultando na síntese de novos constituintes celulares (Yodpitak et al., 2019). A redução do amido é devido à maior atividade da α-amilase (Ghumman et al., 2016). As variações de amido nos brotos relacionam-se tanto à mobilização de reservas quanto aos produtos da fotossíntese, uma vez que as plântulas já têm clorofila nesse período (Alencar et al., 2012).

Figura 4: Níveis de amido em massa seca de três cultivares de amendoim durante quatro dias de germinação

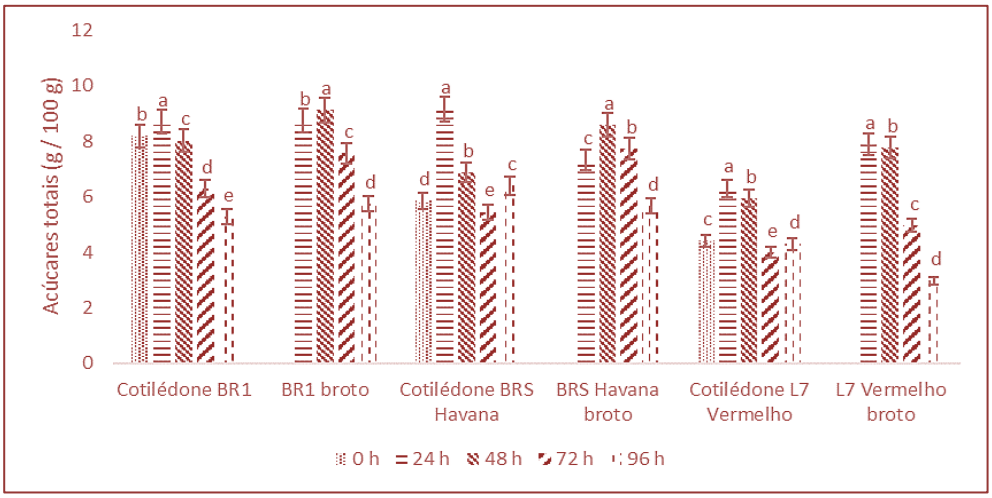


Barras com letras diferentes, representam valores significativamente diferentes ($p<0,05$); barras verticais indicam ± desvio padrão.

O crescimento de sementes é diretamente suportado pela glicose livre, coincidindo com a mobilização de reserva de sementes os metabolismos básicos na célula, que são ativados durante a germinação (Han; Yang, 2015).

Na Figura 5 são apresentados os teores de açúcares totais de cotilédones e brotos das três cultivares de amendoim. Observa-se que os níveis de açúcares totais dos cotilédones aumentaram nas três cultivares ao final das 24 horas de germinação, reduzindo-se a partir de então até chegar ao valor mínimo às 72 ou 96 horas, conforme a cultivar. Comportamento semelhante foi observado no broto da cultivar L7 vermelho, enquanto nas cv. BR1 e BRS Havana os aumentos continuaram até às 48 horas, seguindo-se decréscimo a partir de então. Corte et al. (2006), Li et al. (2014), Han e Yang (2015) e Zhu, Adedeji e Alavi (2017), trabalhando com sementes de sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* Benth), amendoim, sementes de *Arabidopsis* e trigo, respectivamente, observaram que a germinação reduziu os níveis de açúcares totais.

Figura 5: Níveis de açúcares totais em massa seca de três cultivares de amendoim durante quatro dias de germinação



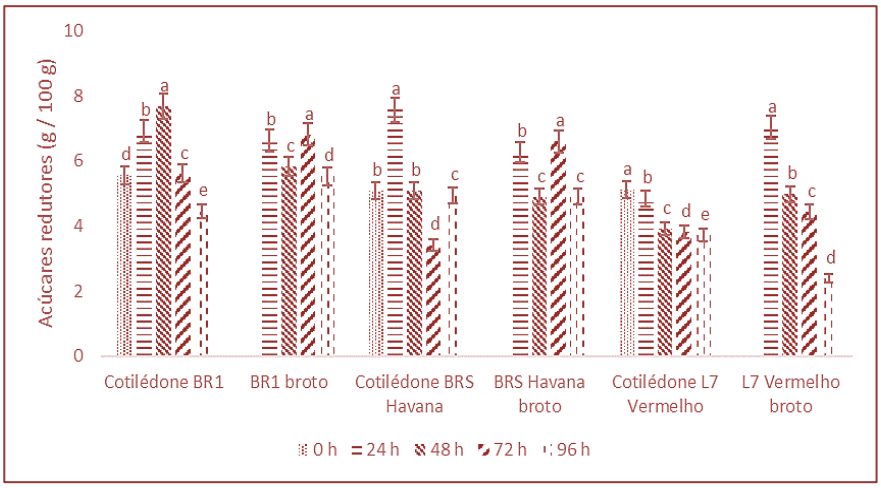
Barras com letras diferentes, representam valores significativamente diferentes ($p<0,05$); barras verticais indicam ± desvio padrão.

Na Figura 6, os teores de açúcares redutores durante a germinação dos cotilédones e brotos das cultivares BR1, BRS Havana e L7 vermelho são apresentados. Nas cv. BR1 e BRS Havana, os açúcares redutores variaram, aumentando em relação às sementes não germinadas, mas alcançando valores mínimos em tempos intermediários ou ao final das 96 horas. Na cv. L7 vermelho, houve um decréscimo consistente nos açúcares redutores tanto no cotilédone quanto no broto ao longo da germinação.

O aumento nos açúcares em grãos germinados é atribuído à maior atividade enzimática que hidrolisa carboidratos complexos em açúcares simples (Zhu et al., 2017). Li et al. (2014) indicam que o aumento dos açúcares redutores se deve à glicose celulósica resultante de reações metabólicas.

O amendoim, sendo uma semente oleaginosa, utiliza açúcares e gorduras como principais fontes de energia na germinação (Kornberg; Beevers, 1957). A diminuição significativa dos açúcares e gorduras nas sementes durante a germinação é associada à produção de energia necessária para atividades metabólicas como a síntese de RNA, DNA, proteínas estruturais, enzimas e outras moléculas biológicas (LI et al., 2014).

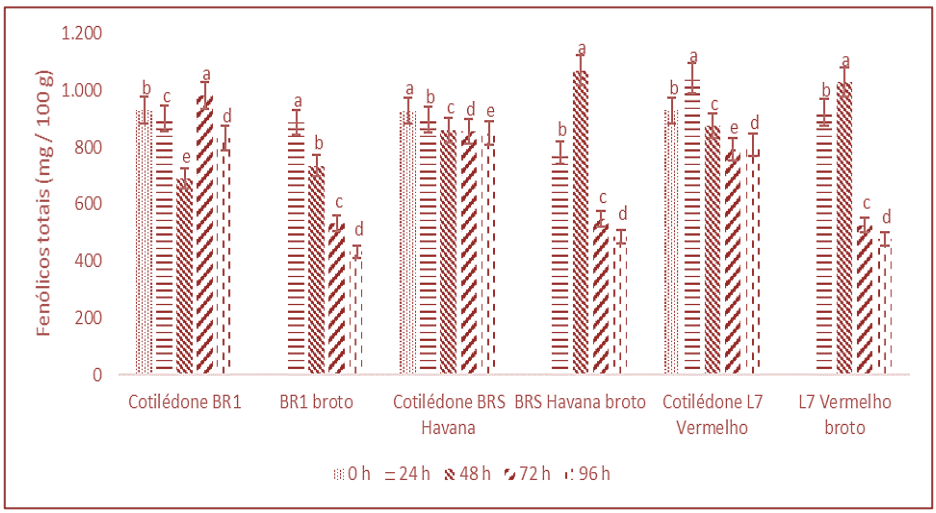
Figura 6: Níveis de açucares redutores em massa seca de três cultivares de amendoim durante quatro dias de germinação



Barras com letras diferentes, representam valores significativamente diferentes ($p<0,05$); barras verticais indicam ± desvio padrão

Na Figura 7 é apresentada a evolução do teor de compostos fenólicos totais dos cotilédones e brotos das três cultivares de amendoim. Considerando os cotilédones, a cv. BRS Havana teve o teor de fenólicos reduzidos com a germinação em todos os tempos, enquanto as cv. BR1 e L7 Vermelho apresentaram teores máximos e mínimos após germinação, entretanto, em tempos diferentes entre si. Os valores atingiram, em 72 h, 981 mg/100 g de ácido gálico para o cultivar BR1 e, em 48 h, 1041 mg/100 g de ácido gálico para o L7 Vermelho. A cv. BRS Havana apresentou um leve declínio, com uma redução de 8,5% em relação ao amendoim in natura, ao final das 96 horas de germinação Nos brotos o comportamento do conteúdo fenólico é semelhante nas três cultivares, com os maiores valores observados às 48 horas de germinação, com reduções gradativas a partir de então, atingindo valores mínimos às 96 horas.

Figura 7: Níveis de fenólicos totais em massa seca de três cultivares de amendoim durante quatro dias de germinação



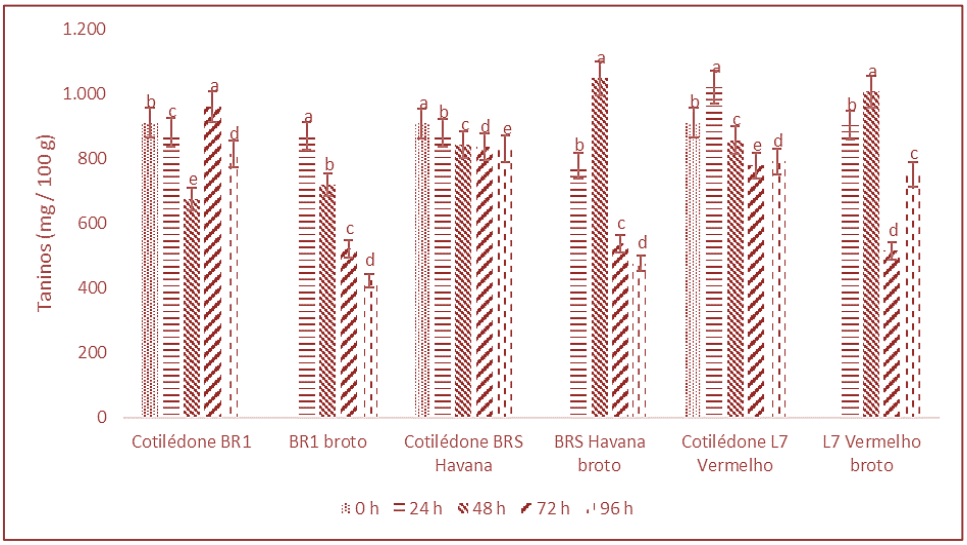
Barras com letras diferentes, representam valores significativamente diferentes ($p<0,05$); barras verticais indicam ± desvio padrão.

O maior teor de fenólicos foi encontrado no broto de BRS Havana em 24 h (1096 mg/100 g de ácido gálico), seguido pelo cotilédone de L7 Vermelho em 24 h (1041 mg/100 g de ácido gálico) e pelo broto de L7 Vermelho em 48 h (1027 mg/100 g de ácido gálico). Diversos estudos indicam que a germinação aumenta o conteúdo de compostos fenólicos no amendoim (Yang et al., 2019; Adhikari et al., 2018; Limmongkon et al., 2017; Wang et al., 2017). Os resultados deste estudo mostram que a influência da germinação varia com a cultivar e o tempo de germinação, conforme observado por Adhikari et al. (2018) e Limmongkon et al. (2017).

A Figura 8 apresenta os teores de taninos nos cotilédones e brotos das três cultivares de amendoim. Os taninos são compostos polifenólicos que reduzem a digestibilidade das proteínas de leguminosas (Martinez et al., 2011; LI et al., 2014). O broto da cv. BR1 e o cotilédone da cv. BRS Havana mostraram reduções gradativas nos teores de taninos ao longo do tempo de germinação, com mínimos em 96 h. Outras amostras variaram conforme o tempo de germinação, com picos entre 24 e 48 h e mínimos entre 72 e 96 h. Nos cotilédones, o valor máximo foi em 72 h, com 962 mg/100 g de ácido tânico na cv. L7 Vermelho. Nos brotos, o pico foi de 1049 mg/100 g de ácido tânico na cv. BRS Havana em 48 h.

Oloyo (2004) afirma que a concentração de taninos em leguminosas diminui após 2 dias de germinação, alcançando o nível mínimo, e aumenta após o quinto dia. Essa redução é atribuída à oxidação de polifenóis e hidrólise enzimática de taninos durante a germinação (Sangronis; Machado, 2007; Ghavidel Prakash, 2007; Sangronis et al., 2006).

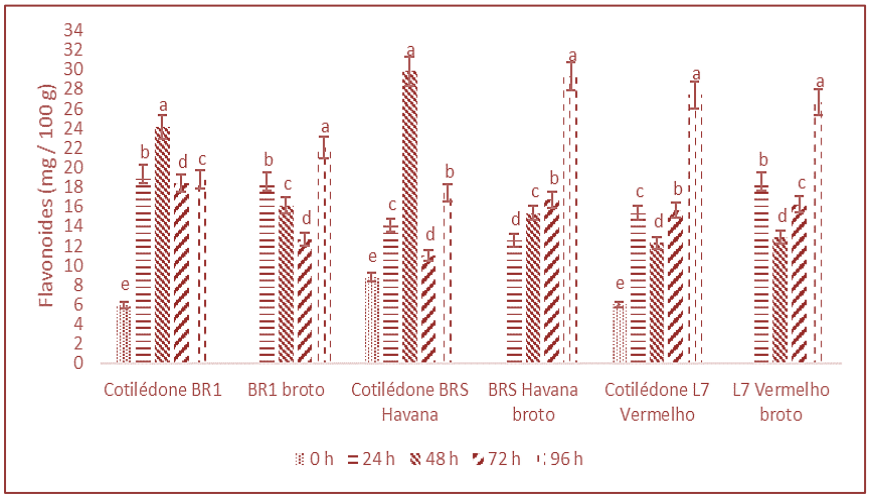
Figura 8: Níveis de taninos totais em massa seca de três cultivares de amendoim durante quatro dias de germinação



Barras com letras diferentes, representam valores significativamente diferentes ($p<0,05$); barras verticais indicam ± desvio padrão.

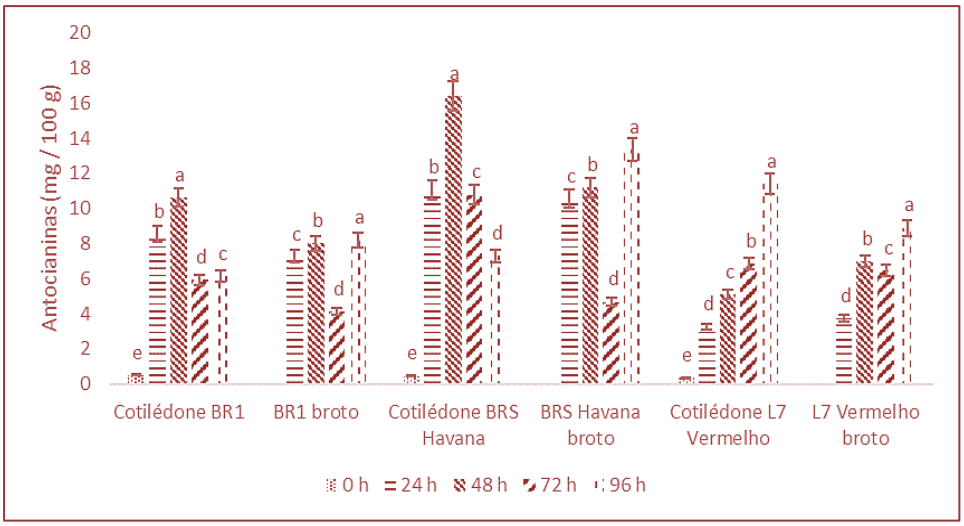
As Figuras 9 e 10 mostram os resultados dos flavonoides e antocianinas ao longo das 96 horas de germinação de cotilédones e brotos. Houve um aumento geral no conteúdo desses compostos durante a germinação. Os flavonoides atingiram seus picos em 48 horas para os cotilédones das cultivares BR1 e BRS Havana, aumentando de 0,52 e 0,47 mg/100g para 10,6 e 16,4 mg/100g, respectivamente, e em 96 horas para outras amostras. As antocianinas seguiram uma tendência similar, com picos em 48 horas para as mesmas cultivares e em 96 horas para as demais.

Figura 9: Níveis de flavonoides em massa seca de três cultivares de amendoim durante quatro dias de germinação



Barras com letras diferentes, representam valores significativamente diferentes ($p<0,05$); barras verticais indicam ± desvio padrão.

Figura 10: Níveis de antocianinas em massa seca de três cultivares de amendoim durante quatro dias de germinação



Barras com letras diferentes, representam valores significativamente diferentes (p<0,05); barras verticais indicam ± desvio padrão.

Esses resultados indicam que a germinação aumenta a síntese de compostos bioativos como flavonoides e antocianinas, conhecidos por seus efeitos antioxidantes e benefícios na prevenção de doenças cardiovasculares (Braga et al., 2018). Li et al. (2014) também observaram aumentos significativos nos flavonoides durante a germinação de sementes de amendoim.

A Tabela 1 apresenta os perfis minerais de brotos com 48 horas de germinação e de sementes não germinadas das três cultivares estudadas.

Tabela 1 – Teor de minerais (mg/100 g de amostra seca) de sementes não germinadas e brotos das três cultivares de amendoim

Minerais (mg/100 g de amostra seca)	Br1				BRS havana				L7 vermelho			
	NG		**G**		**NG**		**G**		**NG**		**G**	
Na	39,41	b	42,74	a	ND		ND		18,85	b	46,48	a
Mg	665,82	a	468,23	b	586,63	a	482,28	b	772,65	a	606,97	b
P	841,67	a	675,63	b	938,39	a	791,59	b	796,99	a	715,36	b
K	1016,66	a	721,28	b	927,15	a	759,17	b	993,96	a	691,84	b
Ca	93,66	a	69,63	b	86,67	a	69,50	b	88,42	a	76,16	b
Mn	1,85	a	1,75	b	1,37	b	1,50	b	2,03	a	1,99	a
Fe	2,11	b	2,52	a	2,26	b	2,70	a	2,49	b	3,67	a
Cu	0,55	a	0,31	b	0,68	a	0,37	b	0,64	a	0,38	b
Zn	3,16	b	4,17	a	3,84	b	5,10	a	3,54	b	3,68	a

*letras diferentes, representam valores significativamente diferentes (p<0,05); NG – semente de amendoim não germinado NG – semente de amendoim não germinado; G – germinado; B – broto da semente de amendoim; ND – não detectado;

A Tabela 1 mostra que a germinação alterou a composição química das sementes de amendoim, reduzindo significativamente os teores de magnésio, fósforo, potássio,

cálcio e cobre nos brotos após 48 horas, em comparação com as sementes não germinadas nas três cultivares estudadas. Em contrapartida, os teores de sódio, ferro e zinco aumentaram significativamente. Sharma et al. (2017) sugerem que o aumento dos minerais pode ser devido à ativação da fitase durante a germinação. Li et al. (2014) também observaram aumento do teor de ferro em amendoim germinado, mas relataram aumentos de cálcio e magnésio, ao contrário deste estudo. Kajla et al. (2017) encontraram reduções de potássio, cálcio, sódio, fósforo e magnésio em linhaça após 48 horas de germinação. Bains et al. (2014) não observaram variações significativas nos teores de ferro e cálcio em feijões mungo, caupi e grão-de-bico, mas notaram redução no fósforo devido à germinação.

4. CONCLUSÕES

O processo de germinação permitiu obter produtos com baixos teores de lipídios e amido e com maiores teores de compostos funcionais em comparação com as sementes não germinadas.

A germinação alterou os teores de lipídios, amido, açúcares totais e redutores, compostos fenólicos, taninos, flavonoides, antocianinas e minerais em todas as amostras. O teor de proteínas apresentou reduções pouco expressivas ou estabilidade. Os lipídios e o amido foram reduzidos com a germinação, enquanto que flavonoides e as antocianinas aumentaram. Açúcares totais e redutores, compostos fenólicos e taninos apresentaram valores maiores e menores que as amostras não germinadas, dependendo do tempo de germinação, que afetou de forma diferente o tipo de amostra – cotilédone ou broto – e a cultivar.

A germinação mostrou-se um processo eficaz para alterar a composição do amendoim, permitindo modular o teor de nutrientes e a síntese de compostos bioativos mediante o controle do tempo de germinação.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossa gratidão ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio. Agradecemos também à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) pela assistência técnica.

REFERÊNCIAS

[1] ADHIKARI, B.; DHUNGANA, S. K.; ALI, M. W.; ADHIKARI, A., KIM, I. D.; SHIN, D. H. Resveratrol, total phenolic and flavonoid contents, and antioxidant potential of seeds and sprouts of Korean peanuts. **Food science and biotechnology**, v. 27, n. 5, p. 1275-1284, 2018.

[2] AKRAM, N. A.; SHAFIQ, F.; ASHRAF, M. Peanut (*Arachis hypogaea* L.): A prospective legume crop to offer multiple health benefits under changing climate. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 17, n. 5, p. 1325-1338, 2018.

[3] ALENCAR, N. L.; INNECCO, R.; GOMES-FILHO, E.; GALLÃO, M. I.; ALVAREZ-PIZARRO, J. C.; PRISCO, J. T.; OLIVEIRA, A. B. D. Seed reserve composition and mobilization during germination and early seedling establishment of *Cereus jamacaru* DC ssp. jamacaru (*Cactaceae*). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 84, n. 3, p. 823-832, 2012.

[4] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry.** Washington: AOAC, 2009. 1115p.

[5] BAINS, K.; UPPAL, V.; KAUR, H. Optimization of germination time and heat treatments for enhanced availability of minerals from leguminous sprouts. **Journal of food science and technology**, v. 51, n. 5, p. 1016-1020, 2014.

[6] BEWLEY, J. D. Seed germination and dormancy. **The plant cell**, v. 9, n. 7, p. 1055, 1997.

[7] BLIGH, E.G.; DYER, W.J.; CAN. J. **Biochemical. Physiology**. 1959, 37, 911.

[8] BRAGA, A. R. C.; MESQUITA, L. M. DE S.; MARTINS, P. L. G.; HABU, S.; ROSSO, V. V. A fermentação com *Lactobacillus* da polpa de Jussara leva à conversão enzimática de antocianinas, aumentando a atividade antioxidante. **Jornal de Composição e Análise de Alimentos**, v. 69, p.162-170, 2018.

[9] CANTELLI, K. C.; SCHMITD, J. T.; DE OLIVEIRA, M. A.; STEFFENS, J.; STEFFENS, C.; LEITE, R. S.; CARRÃO-PANIZZI, M. C. Brotos de linhagens genéticas de soja: avaliação das propriedades físico-químicas. **Brazilian Journal of Food and Technology**, Campinas, v. 20, e.2016074, 2017.

[10] CARVALHO, H. H.; JOMG, E. V.; BELLÓ, R.M. **Alimentos: métodos físicos e químicos de análises.** Porto Alegre: Universidade/UFRGS, n.1, p.180, 2002.

[11] FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (Ed.). **Anthocyanins as food colors.** New York: Academic Press, p. 181-207, 1982.

[12] GAN, R. Y.; CHAN, C. L.; YANG, Q. Q.; LI, H. B.; ZHANG, D.; GE, Y. Y.; GUNARATNE, A.; GE, J.; CORKE, H. Bioactive compounds and beneficial functions of sprouted grains. In: Sprouted Grains. **AACC International Press,** 191-246, 2019.

[13] GHAVIDEL, R. A.; PRAKASH, J. The impact of germination and dehulling on nutrients, antinutrients, *in vitro* iron and calcium bioavailability and *in vitro* starch and protein digestibility of some legume seeds. **LWT Food Science and Technology,** v. 40, p. 1292-1299, 2007.

[14] GHUMMAN, A.; KAUR, A.; SINGH, N. Impact of germination on flour, protein and starch characteristics of lentil (*Lens culinari*) and horsegram (*Macrotyloma uniflorum* L.) lines. **LWT-Food Science and Technology**, v. 65, p. 137-144, 2016.

[15] HAN, C.; YANG, P. Studies on the molecular mechanisms of seed germination. **Proteomics**, v. 15, n. 10, p. 1671-1679, 2015.

[16] HUANG, X. T.; LI, X.; XIE, M. L.; HUANG, Z.; HUANG, Y. X.; WU, G. X.; PENG, Z. R.; SOL, Y. N.; MING, Q. L.; LIU, Y. X.; Resveratrol: Review on its discovery, anti-leukemia effects and pharmacokinetics. **Chemico-Biological Interactions, Elsevier**. v. 306, p. 29-38, 2019.

[17] KAJLA, P.; SHARMA, A.; SOOD, D. R. Effect of germination on proximate principles, minerals and anti-nutrients of flaxseeds. **Asian Journal of Dairy & Food Research**, v. 36, n. 1, 2017.

[18] KANG, H. I.; KIM, J. Y.; KWON, S. J.; PARK, K. W.; KANG, J. S.; SEO, K. I. Antioxidative effects of peanut sprout extracts. **Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition**, v. 39, n. 7, p. 941-946, 2010.

[19] KORNBERG, H. L.; BEEVERS, H. The glyoxylate cycle as a stage in the conversion of fat to carbohydrate in castor beans**. Biochimica et biophysica acta**, v. 26, n. 3, p. 531-537, 1957.

[20] LECHOWSKA, K.; KUBALA, S.; WOJTYLA, L.; NOWACZYK, G.; QUINET, M.; LUTTS, S.; GARNCZARSKA, M. New insight on water status in germinating Brassica napus seeds in relation to priming-improved germination. **International journal of molecular sciences**, v. 20, n. 3, p. 540, 2019.

[21] LI, Y. C.; QIAN, H.; SUN, X. L.; CUI, Y.; WANG, H. Y.; DU, C.; XIA, X. H. The effects of germination on chemical composition of peanut seed. **Food Science and Technology Research**, v. 20, n. 4, p. 883-889, 2014.

[22] LIMMONGKON, A.; JANHOM, P.; AMTHONG, A.; KAWPANUK, M.; NOPPRANG, P.; POOHADSUAN, J.; BOONSONG, T. Antioxidant activity, total phenolic, and resveratrol content in five cultivars of peanut sprouts. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 7, n. 4, p. 332-338, 2017.

[23] LIMMONGKON, A.; NOPPRANG, P.; CHAIKEANDEE, P.; SOMBOON, T.; WONGSHAYA, P.; PILAISANGSUREE, V. LC-MS/MS profiles and interrelationships between the anti-inflammatory activity, total phenolic content and antioxidant potential of Kalasin 2 cultivar peanut sprout crude extract. **Food**

chemistry, v. 239, p. 569-578, 2018.

[24] LIN, J.Y.; TANG, C.Y. Determination of total phenolic and flavonoid contents in selected fruits and vegetables, as well as their stimulatory effects on mouse splenocyte proliferation. **Food Chemistry**, v.101, p.140-147, 2007.

[25] LOZANO-ISLA, F.; CAMPOS, M. L.; ENDRES, L.; BEZERRA-NETO, E.; POMPELLI, M. F. Effects of seed storage time and salt stress on the germination of *Jatropha curcas* L. **Industrial Crops and Products**, v. 118, p. 214-224, 2018.

[26] MARTINEZ, A. P. C.; MARTINEZ, P. C. C.; SOUZA, M. C.; BRAZACA, S. G. C. Alterações químicas em grãos de soja com a germinação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 31, n. 1, p. 23-30, 2011.

[27] MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 3, p. 426-428, 1959.

[28] NEMZER, B.; LIN, Y.; HUANG, D. Antioxidants in sprouts of grains. In: **Sprouted Grains**. **AACC International Press**. p. 55-68, 2019.

[29] OLOYO, R. A. Chemical and nutritional quality changes in germinating seeds of *Cajanus cajan* L. **Food Chemistry**, v. 85, n. 4, p. 497-502, 2004.

[30] OYEDEJI, A. B.; MELLEM, J. J.; IJABADENIYI, O. A. Improvement of some quality attributes of soymilk through optimization of selected soybean sprouting parameters using response surface methodology. **CyTA-Journal of Food**, v. 16, n. 1, p. 230-237, 2018, A.

[31] OYEDEJI, A. B.; MELLEM, J. J.; IJABADENIYI, O. A. Potential for enhanced soy storage protein breakdown and allergen reduction in soy-based foods produced with optimized sprouted soybeans. **LWT**, v. 98, p. 540-545, 2018, B.

[32] QINZHU, Z.; YAN-LING, C.; DONG-XIAO, S.; TIAN, B.; YANG, Y.; SHAN, H. Process optimization and anti-oxidative activity of peanut meal Maillard reaction products. **LWT**, v. 97, p. 573-580, 2018.

[33] RAO, H.; CHEN, C.; TIAN, Y.; LI, Y.; GAO, Y.; TAO, S.; XUE, W. Germination results in reduced allergenicity of peanut by degradation of allergens and resveratrol enrichment. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 50, p. 188-195, 2018.

[34] SANGRONIS, E.; MACHADO, C. J. Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan*. **LWT Food Science and Tecnology**, v. 40, p. 116-120, 2007.

[35] SANGRONIS, E.; RODRÍGUEZ, M.; CAVA, R.; TORRES, A. Protein quality of germinated Phaseolus vulgaris. **European Food Research Technolology,** v. 222, p. 144-148, 2006.

[36] SETIA, R.; DAI, Z.; NICKERSON, M. T.; SOPIWNYK, E.; MALCOLMSON, L.; AI, Y. Impacts of short-term germination on the chemical compositions, technological characteristics and nutritional quality of yellow pea and faba bean flours. **Food Research International**, v. 122, p. 263-272, 2019.

[37] SHARMA, S.; SAXENA, D. C.; RIAR, C. S. Using combined optimization, GC–MS and analytical technique to analyze the germination effect on phenolics, dietary fibers, minerals and GABA contents of Kodo millet (*Paspalum scrobiculatum*). **Food chemistry**, v. 233, p. 20-28, 2017.

[38] SKUPIEŃ, J.; WÓJTOWICZ, J.; KOWALEWSKA, L.; MAZUR, R.; GARSTKA, M.; GIECZEWSKA, K.; MOSTOWSKA, A. Dark-chilling induces substantial structural changes and modifies galactolipid and carotenoid composition during chloroplast biogenesis in cucumber (*Cucumis sativus* L.) cotyledons. **Plant physiology and biochemistry**, v. 111, p. 107-118, 2017.

[39] WANG, G.; LEI, Z.; ZHONG, Q.; WU, W.; ZHANG, H.; MIN, T.; LAI, F. Enrichment of caffeic acid in peanut sprouts and evaluation of its in vitro effectiveness against oxidative stress-induced erythrocyte hemolysis. **Food chemistry**, v. 217, p. 332-341, 2017.

[40] WANG, H.; WANG, J.H.; GUO, X.B.; BRENNAN, C.S.; LI, T.; FU, X.; CHEN, G.; LIU, R.H. Effect of germination on lignin biosynthesis, and antioxidant and antiproliferative activities in flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). **Food Chemistry,** v.205, p. 170-177, 2016.

[41] WANG, K. H.; LAI, Y. H.; CHANG, J. C.; KO, T. F.; SHYU, S. L.; CHIOU, R. Y. Y. Germination of peanut kernels to enhance resveratrol biosynthesis and prepare sprouts as a functional vegetable. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 53, n. 2, p. 242-246, 2005.

[42] WATERHOUSE, A. Folin-Ciocalteau micro method for total phenol in wine. **American journal of Enology and Viticulture,** p 3-6, 2006.

[43] YANG, Q. Q.; CHENG, L.; LONG, Z. Y.; LI, H. B.; GUNARATNE, A.; GAN, R. Y.; CORKE, H. Comparison of the Phenolic Profiles of Soaked and Germinated Peanut Cultivars via UPLC-QTOF-MS. **Antioxidants**, v. 8, n. 2, p. 47, 2019.

[44] YEMM, E.W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, p. 508-515, 1954.

[45] YILDIRIM, M. The Effect of Drying of Bread Wheat Seeds Following First Water Uptake on Germination Rate. **Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology**, v. 6, n. 1, p. 28-33, 2018.

[46] YODPITAK, S.; MAHATHEERANONT, S.; BOONYAWAN, D.; SOOKWONG, P.; ROYTRAKUL, S.; NORKAEW, O. Cold plasma treatment to improve germination and enhance the bioactive phytochemical content of germinated brown rice. **Food chemistry**, v. 289, p. 328-339, 2019.

[47] YU, M.; LIU, H.; YANG, Y.; SHI, A.; LIU, L.; HUI, H.; WANG, Q. Optimization for resveratrol accumulation during peanut germination with phenylalanine feeding & ultrasound-treatment using response surface methodology. **International journal of food science & technology**, v. 51, n. 4, p. 938-945, 2016.

[48] ZHU, L.; ADEDEJI, A. A.; ALAVI, S. Effect of germination and extrusion on physicochemical properties and nutritional qualities of extrudates and tortilla from wheat. **Journal of food science**, v. 82, n.

Capítulo 4

Avaliação da estabilidade física de pós de quiabo obtidos por diferentes métodos de desidratação durante o armazenamento

Francislaine Suelia dos Santos
Juvêncio Olegário de Oliveira Neto
Thalis Leandro Bezerra de Lima
Aline Priscila de França Silva
Fabrícia Santos Andrade
Rossana Maria Feitosa de Figueiredo
Eugênia Telis de Vilela Silva
Henrique Valentim Moura

Resumo: O quiabo é uma hortaliça amplamente difundida na culinária nacional pelo seu sabor único, além de possuir valor nutritivo e comercial com ciclo de produção vegetal rápido e alto rendimento. Em razão da sua alta concentração de teor de água e de ser consumido majoritariamente quando verde, a sua vida útil na forma in natura é muito curta, uma forma de aumentar sua durabilidade é o processo de secagem. Logo objetivou-se neste trabalho avaliar a estabilidade física de pós de quiabo secos por liofilização e secagem convectiva, armazenados em temperaturas de 30 e 40 °C por 60 dias, com intervalo de análises dos parâmetros a cada 12 dias, avaliando-os quanto aos parâmetros de solubilidade, densidades aparente e compactada, índice de Carr, fator de Hausner e parâmetros de cor (luminosidade, intensidades, croma e ângulo de tonalidade). Todos os parâmetros apresentaram diferença estatística entre si, havendo uma eventual alteração conforme atravessavam-se os dias de armazenamento. O pó liofilizado foi o que apresentou melhor condições de armazenamento com solubilidade e densidades mais estáveis e melhor preservação da cor.

Palavras-chave: Abelmoschus Esculentus, preservação, produto em pó.

1. INTRODUÇÃO

O quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) é uma planta resistente que se adapta facilmente ao clima tropical do Brasil, especialmente nas regiões nordeste e sudeste, onde a agricultura familiar predomina (Couto; Coqueiro, 2020). Seu fruto é rico em água, vitaminas, minerais, fibras, pectina e lignina, e contém compostos bioativos como flavonoides antioxidantes (Santos et al., 2019).

Apesar de poder ser cultivado o ano todo, o quiabo é susceptível à deterioração devido ao seu alto teor de água. A secagem para produção de farinha é uma alternativa viável para prolongar sua vida útil e preservar seus compostos bioativos (Oliveira et al., 2020). A secagem convectiva em estufa é um método de baixo custo, mas pode causar perda de nutrientes sensíveis ao calor (Canepelle et al., 2020). Em contraste, a liofilização, que envolve a sublimação da água em baixas temperaturas, preserva melhor as propriedades químicas e organolépticas (Shuen et al., 2021).

Dada a riqueza nutricional e o potencial tecnológico do quiabo, este estudo visa avaliar a estabilidade física de pós de quiabo secos por liofilização e secagem convectiva, armazenados a 30 e 40 °C, promovendo seu uso na culinária e análise de seus atributos ao longo do tempo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. MATÉRIA-PRIMA E PROCESSAMENTO

A matéria-prima utilizada foi o quiabo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) do subgrupo verde da variedade Santa Cruz, em estágio de maturação verde, da região de Caturité, PB. No laboratório, os quiabos foram selecionados manualmente, lavados em água corrente, sanitizados em solução de hipoclorito de sódio a 50 ppm por 15 minutos e enxaguados. Em seguida, foram cortados em fatias de 2 mm (Figura 1).

Figura 1 – Quiabos cortados em fatias

2.2.OBTENÇÃO DO QUIABO EM PÓ

2.2.1. SECAGEM CONVECTIVA

As fatias de quiabo (Figura 1) foram secas em estufa com circulação forçada de ar (FANEM®, modelo 320E) a 80 °C e 1,0 m/s até o equilíbrio higroscópico (~350 min). As fatias desidratadas foram trituradas em moinho de facas (Marconi, modelo TE 340), peneiradas (32 mesh) e armazenadas em embalagens laminadas.

2.2.2. LIOFILIZAÇÃO

As fatias foram congeladas a –18 °C por 48 h e liofilizadas (Liobras, modelo L101) por 72 h. As fatias liofilizadas foram trituradas, peneiradas (32 mesh) e armazenadas.

2.3. TESTE ACELERADO DE VIDA-DE-PRATELEIRA (TAVP)

Os pós foram armazenados a 30 °C (ambiente) e 40 °C (acelerada) com umidade relativa (~83%) em embalagens flexíveis laminadas (PET, metalização e PEDB, 120 g/m^2, taxa de transmissão de vapor de água de 5,38 g/m^2/dia, taxa de permeabilidade ao oxigênio de 60 cc/m^2/dia). As amostras embaladas foram colocadas em recipientes de vidro hermético com solução saturada de KCl e armazenadas em câmara B.O.D nas temperaturas de estudo. Foram analisados solubilidade, densidade aparente e compactada, fluidez e coesividade (índice de Carr e fator de Hausner) e parâmetros de cor a cada 12 dias durante 60 dias.

2.3.1. SOLUBILIDADE

A solubilidade foi determinada conforme Cano-Chauca et al. (2005), com centrifugação a 3200 rpm por 15 min, remoção do sobrenadante e secagem a 105 °C/24 h para determinar a massa solúvel.

2.3.2. DENSIDADE APARENTE E COMPACTADA

A densidade aparente (ρap) foi determinada com uma proveta de 10 mL preenchida com o pó e calculada a relação massa/volume. A densidade compactada foi obtida batendo a proveta preenchida 50 vezes de uma altura de 2,5 cm, conforme Tonon et al. (2009).

I. Índice de Carr e Fator de Hausner

O índice de Carr (IC) e o Fator de Hausner (FH) foram determinados pela a metodologia de Santhalakshmy et al. (2015), calculados a partir dos dados de densidade aparente (ρ_{ap}) e densidade compactada (ρ_c), de acordo com as Equações 1 e 2:

$$IC = \frac{\rho_c - \rho_{ap}}{\rho_{ap}} 100 \quad (1)$$

$$FH = \frac{\rho_c}{\rho_{ap}} \quad (2)$$

2.3.4. PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS

Os parâmetros colorimétricos foram avaliados em triplicata, utilizando-se espectrofotômetro portátil (Delta Color, Delta Vista 450, São Leopoldo/RS, Brasil). As leituras das coordenadas de cor foram realizadas no sistema CIELAB: L* (luminosidade), a* (transição da cor verde para vermelho) e b* (transição do azul para o amarelo); a tonalidade cromática ou ângulo hue (h°) e a saturação da cor ou croma (C*) foram calculadas de acordo com as Equações 3 e 4, respectivamente.

$$h = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (3)$$

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2+(b^*)^2} \quad (4)$$

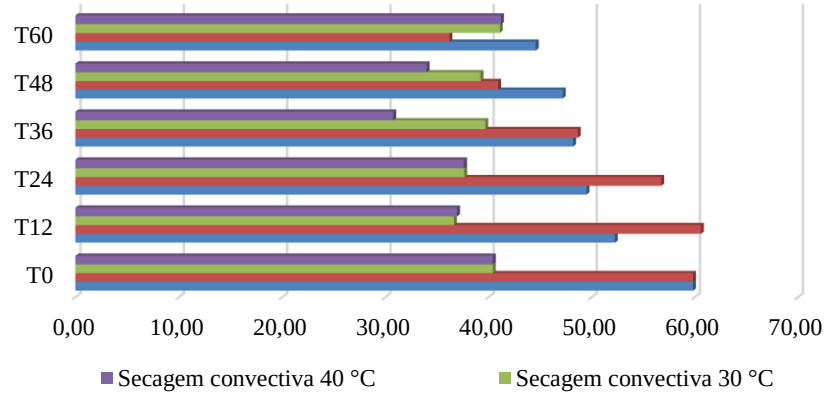
3. RESULTADOS

3.1. SOLUBILIDADE

Na Figura 1 estão apresentados os resultados para solubilidade das amostras dos pós de quiabo obtidos por diferentes métodos de secagem ao longo de 60 dias de armazenamento.

A solubilidade dos pós liofilizados foi maior em todos os tempos comparada à secagem convectiva, indicando que a liofilização produziu amostras mais solúveis. Não houve diferença significativa entre 30 e 40ºC ao longo do tempo, com uma tendência de queda na solubilidade. Contudo, a secagem convectiva teve um aumento notável na solubilidade após 60 dias, com valores de 41,10 (30 °C) e 41,21 (40 ºC).

Figura 1. Valores médios da solubilidade dos pós de quiabo obtidos por diferentes métodos de desidratação e armazenados em diferentes temperaturas



Tempos	Liofilizado		Secagem convectiva	
	30 °C	40 °C	30 °C	40 °C
T0	59,84 ± 4,12 aA	59,84 ± 4,12 aA	40,42 ± 0,00 aB	40,42 ± 0,00 aB
T12	52,26 ± 1,15 bB	60,61 ± 0,87 aA	36,65 ± 0,65 aC	36,95 ± 0,77 abC
T24	49,51 ± 0,22 bcB	56,75 ± 3,68 aA	37,66 ± 2,14 aC	37,63 ± 1,53 abC
T36	48,21 ± 1,14 bcA	48,66 ± 1,97 bA	39,70 ± 2,39 aB	30,78 ± 0,83 cC
T48	47,21 ± 0,29 bcA	40,93 ± 3,80 cB	39,23 ± 1,44 aB	34,00 ± 0,13 bcC
T60	44,59 ± 1,48 cA	36,21 ± 4,33 cB	41,10 ± 0,13 aA	41,21 ± 2,04 aA

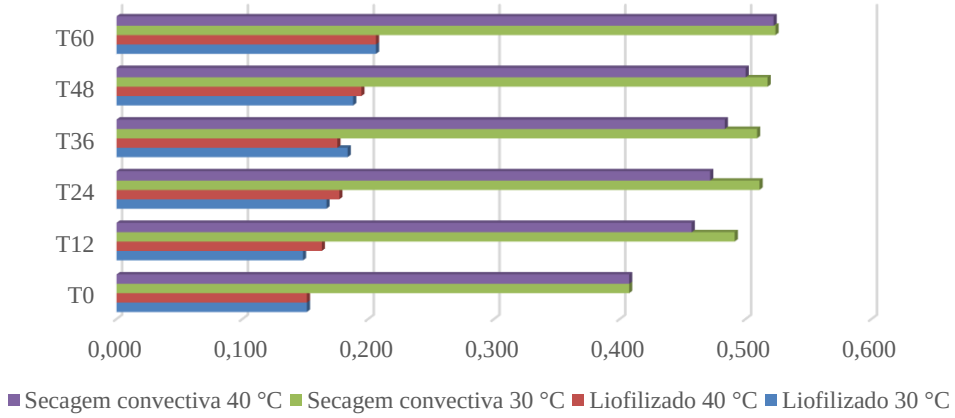
*As médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si. Os resultados estão expressos em média ± desvio padrão, seguido de análise de variância (ANOVA), aplicando-se o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para diferença entre médias. Parâmetros analisados separadamente.

3.2. DENSIDADE APARENTE E COMPACTADA

Nas Figuras 2 e 3 estão apresentados os resultados para densidade aparente e compactada dos pós de quiabo obtidos por diferentes métodos de secagens ao longo de 60 dias de armazenamento.

Pode-se observar que, tanto a densidade aparente quanto a compactada tiverem um valor que aumentou o seu valor com o passar dos dias de armazenamento, sendo que seu valor aumentou mais de 60% em relação ao tempo inicial. Tal resultado demonstra que durante o tempo de armazenamento a densidade do material variou e seu comportamento fluidodinâmico foi afetado, uma vez que conforme a densidade aumenta, mais difícil se torna do material ser arrastado. Novamente os tempos de 30 e 40ºC mostraram-se estatisticamente semelhantes, com uma diferença insignificante entre si.

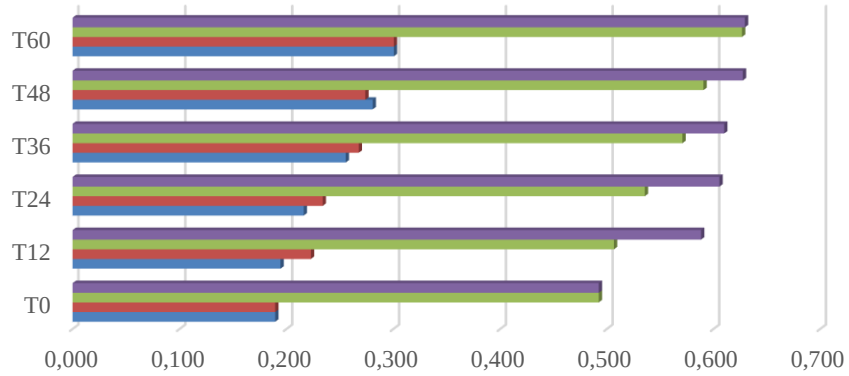
Figura 2. Valores médios da densidade aparente dos pós de quiabo obtidos por diferentes métodos de desidratação e armazenados em diferentes temperaturas



Tempos	Liofilizado		Secagem convectiva	
	30 °C	40 °C	30 °C	40 °C
T0	0,151 ± 0,006 dB	0,151 ± 0,006 eB	0,407 ± 0,002 dA	0,407 ± 0,002 fA
T12	0,148 ± 0,006 dD	0,163 ± 0,003 dC	0,491 ± 0,001 cA	0,457 ± 0,001 eB
T24	0,167 ± 0,006 cD	0,177 ± 0,002 cC	0,511 ± 0,001 bA	0,472 ±0,006 dB
T36	0,184 ± 0,005 bC	0,175 ± 0,002 cD	0,509 ± 0,004 bA	0,483 ± 0,005 cB
T48	0,188 ± 0,004 bC	0,195 ± 0,004 bC	0,517 ± 0,003 abA	0,500 ±0,001 bB
T60	0,206 ± 0,003 aB	0,206 ± 0,003 aB	0,524 ± 0,000 aA	0,522 ± 0,002 aA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si. Os resultados estão expressos em média ± desvio padrão, seguido de análise de variância (ANOVA), aplicando-se o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para diferença entre médias. Parâmetros analisados separadamente.

Figura 3. Valores médios da densidade compactada dos pós de quiabo obtidos por diferentes métodos de desidratação e armazenados em diferentes temperaturas



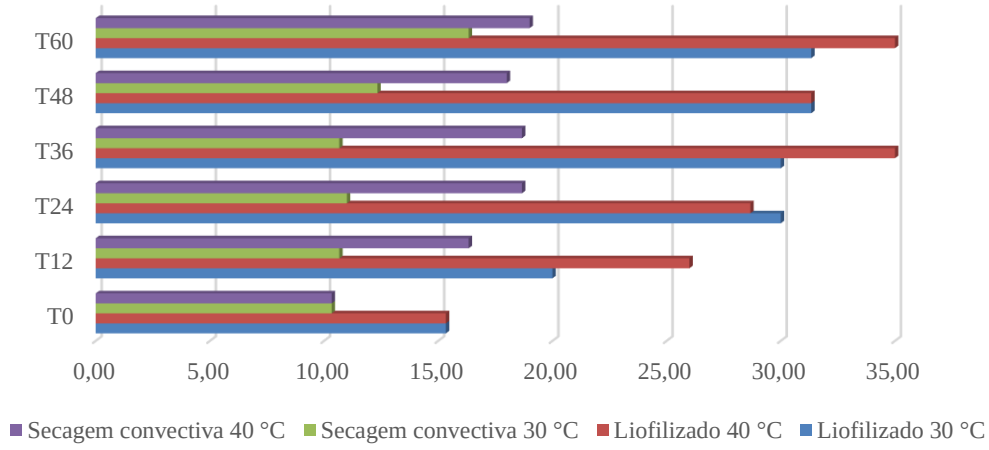
Tempos	Liofilizado		Secagem convectiva	
	30 °C	40 °C	30 °C	40 °C
T0	0,189 ± 0,013 dB	0,189 ± 0,013 dB	0,492 ± 0,001 dA	0,492 ± 0,001 dA
T12	0,194 ± 0,014 dD	0,223 ± 0,007 cC	0,507 ± 0,002 dB	0,588 ± 0,001 cA
T24	0,216 ± 0,009 cC	0,234 ± 0,014 cC	0,536 ± 0,000 cB	0,606 ± 0,001 bcA
T36	0,255 ± 0,025 bC	0,268 ± 0,009 bC	0,571 ± 0,001 bB	0,610 ± 0,001 abA
T48	0,281 ± 0,001 aC	0,274 ± 0,001 bC	0,591 ± 0,000 bB	0,628 ± 0,002 aA
T60	0,300 ± 0,010 aB	0,300 ± 0,010 aB	0,627 ± 0,001 aA	0,629 ± 0,001 aA

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si. Os resultados estão expressos em média ± desvio padrão, seguido de análise de variância (ANOVA), aplicando-se o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para diferença entre médias. Parâmetros analisados separadamente.

3.3. ÍNDICE DE CARR E FATOR DE HAUSNER

Nas Figura 4 e 5 estão apresentados os valores médios do Índice de Carr e Fator de Hausner dos pós de quiabo obtidos por diferentes métodos de secagens ao longo de 60 dias de armazenamento.

Figura 4. Valores médios para Índice de Carr dos pós de quiabo obtidos por diferentes métodos de desidratação e armazenados em diferentes temperaturas

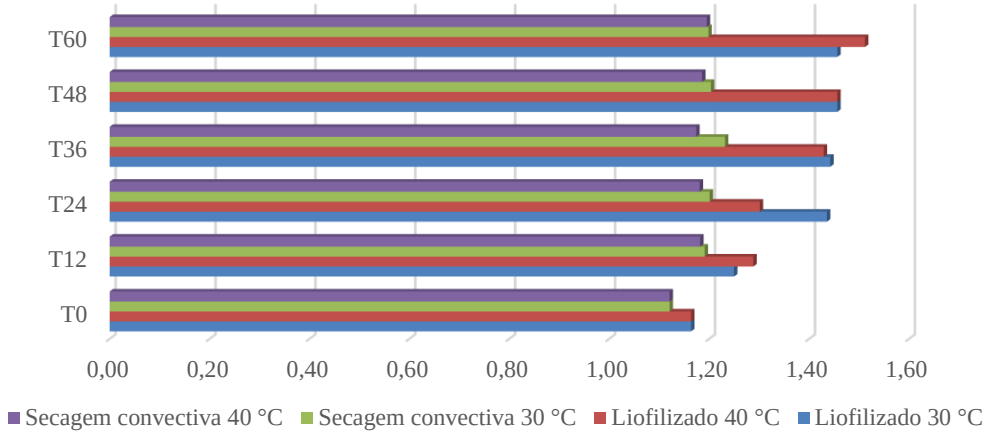


Tempos	Liofilizado		Secagem convectiva	
	30 °C	40 °C	30 °C	40 °C
T0	15,33 ± 1,15 cA	15,33 ± 1,15 dA	10,33 ± 0,58 bB	10,33 ± 0,58 bB
T12	20,00 ± 0,00 bB	26,00 ± 3,46 cA	10,67 ± 1,15 bD	16,33 ± 1,15 aC
T24	30,00 ± 0,00 aA	28,67 ± 1,15 bcA	11,00 ± 1,00 bC	18,67 ± 2,31 aB
T36	30,00 ± 0,00 aB	35,00 ± 1,00 aA	10,67 ± 1,15 bD	18,67 ± 2,31 aC
T48	31,33 ± 1,15 aA	31,33 ± 1,15 bA	12,33 ± 2,08 bC	18,00 ± 1,00 aB
T60	31,33 ± 1,15 aB	35,00 ± 0,00 aA	16,33 ± 1,15 aC	19,00 ± 1,00 aC

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si. Os resultados estão expressos em média ± desvio padrão, seguido de análise de variância (ANOVA), aplicando-se o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para diferença entre médias. Parâmetros analisados separadamente.

A partir dos dados de densidade aparente e compactada foram calculados os índices de Carr e de Hausner para avaliar a fluidez dos pós de quiabo. De acordo com o que foi apresentado na Figura 4 os índices de Carr demonstram que os pós liofilizados apresentaram uma fluidez classificada como razoável até o décimo segundo dia de armazenamento, descendo para uma fluidez ruim a partir do vigésimo quarto dia. Enquanto que os pós de quiabo secos por secagem convectiva apresentaram resultados mais satisfatórios entre boa e razoável fluidez ao longo dos sessenta dias de armazenamento segundo Asokapandian et al., (2016). Em ambos os processos de secagem as temperaturas de 30ºC obtiveram menores índices de Carr e, portanto, uma melhor fluidez.

Figura 5. Valores médios para Fator de Hausner dos pós de quiabo obtidos por diferentes métodos de desidratação e armazenados em diferentes temperaturas



Tempos	Liofilizado		Secagem convectiva	
	30 °C	40 °C	30 °C	40 °C
T0	1,16 ± 0,05 cA	1,16 ± 0,05 dA	1,12 ± 0,01 bA	1,12 ± 0,01 bA
T12	1,25 ± 0,00 bA	1,29 ± 0,03 cA	1,19 ± 0,00 aB	1,18 ± 0,00 aB
T24	1,44 ± 0,01 aA	1,30 ± 0,05 cB	1,20 ± 0,00 aC	1,18 ± 0,00 aC
T36	1,44 ± 0,02 aA	1,43 ± 0,03 bA	1,23 ± 0,00 aB	1,17 ± 0,01 aC
T48	1,46 ± 0,02 aA	1,46 ± 0,02 bA	1,20 ± 0,00 aB	1,19 ± 0,01 aB
T60	1,46 ± 0,02 aB	1,51 ± 0,02 aA	1,20 ± 0,00 aC	1,20 ± 0,00 aC

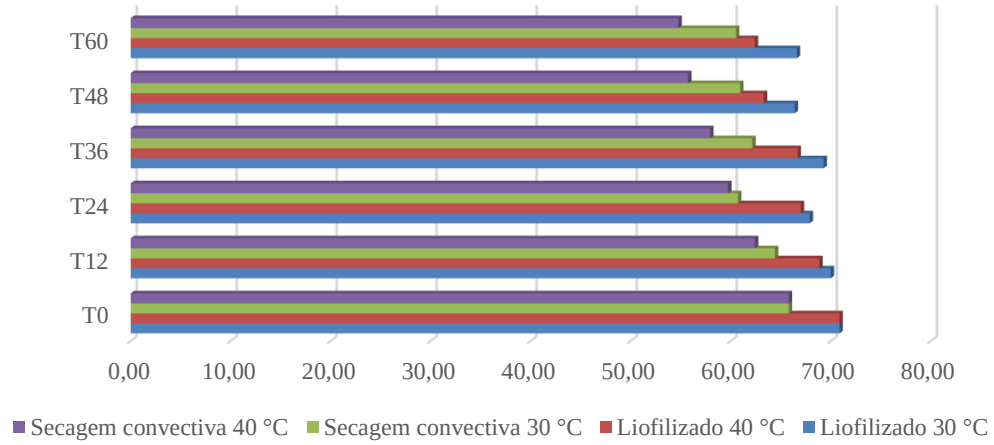
As médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si. Os resultados estão expressos em média ± desvio padrão, seguido de análise de variância (ANOVA), aplicando-se o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para diferença entre médias. Parâmetros analisados separadamente.

Observando o fator Hausner mostrado na Figura 5, verificou-se novamente que os pós secos em secagem convectiva obtiverem valores de fluidez aceitáveis com valores inferiores a 1,2 durante todo o armazenamento em ambas as temperaturas, o que indica uma longa vida de prateleira e maior facilidade de conservação do produto. Do contrário dos pós liofilizados que já demonstraram uma fluidez ruim a partir do décimo segundo dia de armazenamento segundo a classificação proposta por Asokapandian et al., (2016).

3.4. ANÁLISE DE COR

Nas Figuras 6, 7, 8, 9 e 10 estão apresentados os resultados dos valores médios para análise colorimétrica dos pós de quiabo obtidos por diferentes métodos de secagens ao longo de 60 dias de armazenamento.

Figura 6. Valores médios para Luminosidade (L) dos pós de quiabo obtidos por diferentes métodos de desidratação e armazenados em diferentes temperaturas

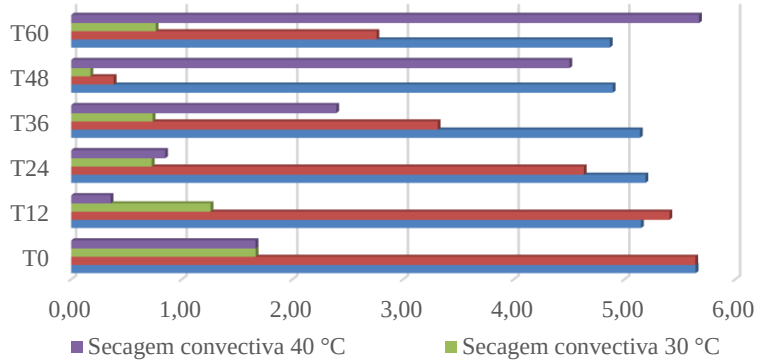


Tempos	Liofilizado		Secagem convectiva	
	30 °C	40 °C	30 °C	40 °C
T0	70,86 ± 0,12 aA	70,86 ± 0,12 aA	65,79 ± 0,10 aB	65,79 ± 0,10 aB
T12	69,98 ± 0,74 abA	68,84 ± 1,35 abA	64,41 ± 1,16 abB	62,41 ± 1,78 bB
T24	67,88 ± 0,44 bcA	66,99 ± 0,32 bA	60,72 ± 0,35 cB	59,73 ± 0,84 cB
T36	69,27 ± 1,98 abA	66,67 ± 1,57 bB	62,15 ± 1,38 bcC	57,94 ± 2,20 cdD
T48	66,39 ± 0,38 cA	63,30 ± 0,57 cB	60,93 ± 0,78 cC	55,73 ± 0,52 deD
T60	66,60 ± 1,83 cA	62,39 ± 0,27 cB	60,52 ± 0,18 cB	54,76 ± 1,14 eC

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si. Os resultados estão expressos em média ± desvio padrão, seguido de análise de variância (ANOVA), aplicando-se o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para diferença entre médias. Parâmetros analisados separadamente.

Os pós de quiabo seco apresentaram uma coloração escura com índices de luminosidade acima de 60% em ambos os processos e temperaturas. A coloração escura se intensifica conforme aumenta-se o tempo de armazenamento com maiores índices no T60. Os pós liofilizados mostram-se mais claros uma vez que obtiveram valores relativamente menores que os secos por secagem convectiva.

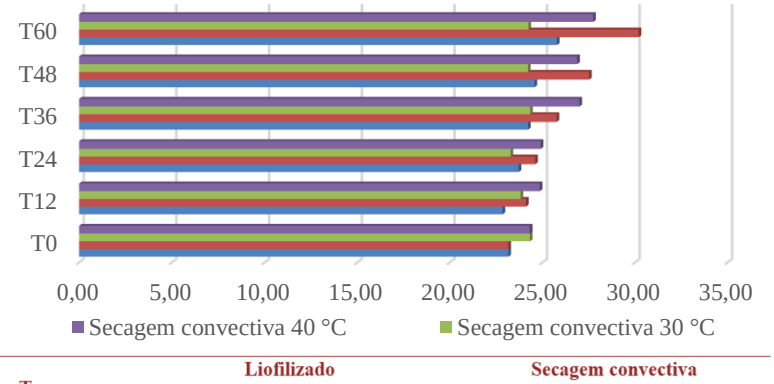
Figura 7. Valores médios para intensidade de verde e vermelho (a*) dos pós de quiabo obtidos por diferentes métodos de desidratação e armazenados em diferentes temperaturas



Tempos	Liofilizado		Secagem convectiva	
	30 °C	40 °C	30 °C	40 °C
T0	5,64 ± 0,06 aA	5,64 ± 0,06 aA	1,67 ± 0,04 aB	1,67 ± 0,04 dB
T12	5,15 ± 0,14 abA	5,41 ± 0,19 aA	1,26 ± 0,08 abB	0,36 ± 0,32 eC
T24	5,19 ± 0,06 abA	4,63 ± 0,33 bB	0,73 ± 0,12 bcC	0,85 ± 0,30 eC
T36	5,14 ± 0,28 abA	3,31 ± 0,30 cB	0,74 ± 0,16 bcD	2,40 ± 0,33 cC
T48	4,89 ± 0,20 bA	0,38 ± 0,29 dB	0,17 ± 0,21 cB	4,50 ± 0,09 bA
T60	4,87 ± 0,22 bB	2,76 ± 0,63 cC	0,76 ± 0,13 bD	5,67 ± 0,04 aA

*As médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si. Os resultados estão expressos em média ± desvio padrão, seguido de análise de variância (ANOVA), aplicando-se o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para diferença entre médias. Parâmetros analisados separadamente.

Figura 8. Valores médios para intensidade de amarelo (b*) dos pós de quiabo obtidos por diferentes métodos de desidratação e armazenados em diferentes temperaturas

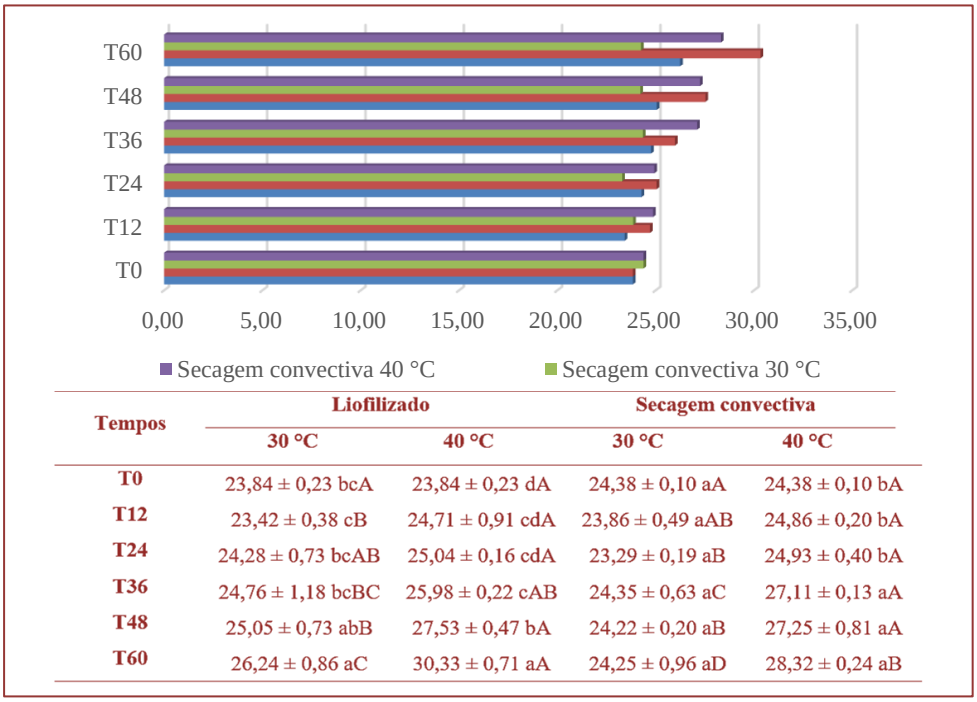


Tempos	Liofilizado		Secagem convectiva	
	30 °C	40 °C	30 °C	40 °C
T0	23,16 ± 0,22 cdA	23,16 ± 0,22 eA	24,32 ± 0,10 aA	24,32 ± 0,10 bA
T12	22,85 ± 0,36 dB	24,11 ± 0,90 deA	23,82 ± 0,49 aAB	24,86 ± 0,20 bA
T24	23,72 ± 0,74 bcdAB	24,61 ± 0,21 cdA	23,28 ± 0,19 aB	24,91 ± 0,40 bA
T36	24,23 ± 1,15 bcC	25,77 ± 0,23 cB	24,34 ± 0,63 aC	27,00 ± 0,12 aA
T48	24,57 ± 0,71 abB	27,52 ± 0,47 bA	24,22 ± 0,20 aB	26,88 ± 0,80 aA
T60	25,79 ± 0,89 aC	30,20 ± 0,66 aA	24,24 ± 0,97 aD	27,74 ± 0,24 aB

*As médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si. Os resultados estão expressos em média ± desvio padrão, seguido de análise de variância (ANOVA), aplicando-se o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para diferença entre médias. Parâmetros analisados separadamente.

Nota-se uma baixa intensidade de vermelho (a*) para todos os pós com valores inferiores a 6%, enquanto que maiores índices de amarelo (b*) foram reportados, todos com resultados acima de 20%, que pode ser explicado devido aos pigmentos de clorofila presentes no quiabo com uma coloração que vai do verde ao amarelado. Novamente observa-se o comportamento de aumentar a intensidade das cores vermelho e amarelo no decorrer dos dias de armazenamento, sendo maiores no T60.

Figura 9. Valores médios para croma (C*) dos pós de quiabo obtidos por diferentes métodos de desidratação e armazenados em diferentes temperaturas

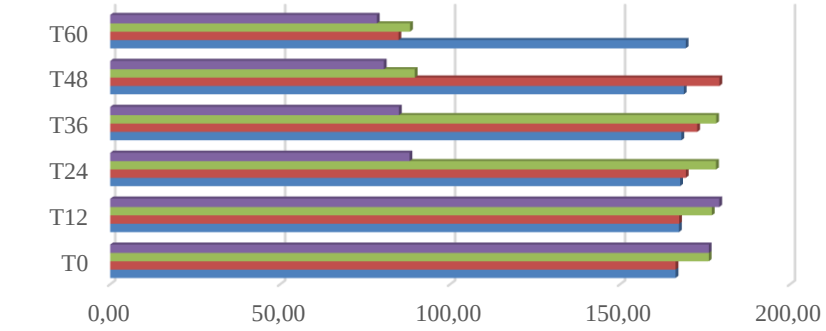


Tempos	Liofilizado		Secagem convectiva	
	30 °C	40 °C	30 °C	40 °C
T0	23,84 ± 0,23 bcA	23,84 ± 0,23 dA	24,38 ± 0,10 aA	24,38 ± 0,10 bA
T12	23,42 ± 0,38 cB	24,71 ± 0,91 cdA	23,86 ± 0,49 aAB	24,86 ± 0,20 bA
T24	24,28 ± 0,73 bcAB	25,04 ± 0,16 cdA	23,29 ± 0,19 aB	24,93 ± 0,40 bA
T36	24,76 ± 1,18 bcBC	25,98 ± 0,22 cAB	24,35 ± 0,63 aC	27,11 ± 0,13 aA
T48	25,05 ± 0,73 abB	27,53 ± 0,47 bA	24,22 ± 0,20 aB	27,25 ± 0,81 aA
T60	26,24 ± 0,86 aC	30,33 ± 0,71 aA	24,25 ± 0,96 aD	28,32 ± 0,24 aB

*As médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si. Os resultados estão expressos em média ± desvio padrão, seguido de análise de variância (ANOVA), aplicando-se o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para diferença entre médias. Parâmetros analisados separadamente.

Os maiores valores de croma (C*) e ângulo de tonalidade (h*) evidenciam uma maior saturação de sua cor, ou seja, uma maior pureza. Todas as amostras obtiveram croma superior a 20%, com menores valores no começo do armazenamento e maiores ao final indicando uma maior saturação de cor.

Figura 10. Valores médios para ângulo de tonalidade (h*) dos pós de quiabo obtidos por diferentes métodos de desidratação e armazenados em diferentes temperaturas



Tempos	Liofilizado		Secagem convectiva	
	30 °C	40 °C	30 °C	40 °C
T0	166,31 ± 0,04 dB	166,31 ± 0,04 dB	176,08 ± 0,08 bA	176,08 ± 0,07 bA
T12	167,30 ± 0,23 cdC	167,36 ± 0,15 dC	176,97 ± 0,16 bB	179,18 ± 0,73 aA
T24	167,65 ± 0,29 bcC	169,34 ± 0,81 cB	178,21 ± 0,30 aA	88,04 ± 0,70 cD
T36	168,02 ± 0,08 bcC	172,67 ± 0,68 bB	178,27 ± 0,35 aA	84,93 ± 0,70 dD
T48	168,74 ± 0,14 abB	179,20 ± 0,62 aA	89,59 ± 0,50 cC	80,49 ± 0,14 eD
T60	169,30 ± 0,67 aA	84,79 ± 1,10 eC	88,19 ± 0,34 dB	78,44 ± 0,09 fD

*As médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si. Os resultados estão expressos em média ± desvio padrão, seguido de análise de variância (ANOVA), aplicando-se o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para diferença entre médias. Parâmetros analisados separadamente.

O ângulo de tonalidade teve um comportamento diferente dos demais parâmetros de cor demonstrando uma redução no índice ao longo dos dias de armazenamento com um valor muito inferior no tempo de sessenta dias, o que indica que ao final do armazenamento os pós secos em secagem convectiva tiverem uma menor pureza se comparada ao início do processo.

4. CONCLUSÃO

Todas as características analisadas dos pós de quiabo, secos por liofilização e por secagem convectiva, armazenados em ambas as temperaturas de 30 e 40 °C, foram afetadas durante o armazenamento, diferenciando seus valores estatisticamente do tempo inicial ao final do armazenamento.

A embalagem de armazenamento garantiu a superioridade do pó liofilizado em relação ao seco convectivamente pois apresentou maior fluidez, cor, solubilidade e densidades preservados e estáveis, especialmente à temperatura de 30 °C.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossa gratidão ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento

de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio. Agradecemos também à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) pela assistência técnica.

REFERÊNCIAS

[1] ASOKAPANDIAN, S. et al. Optimization of Foaming Properties and Foam Mat Drying of Muskmelon Using Soy Protein. **Journal of Food Process Engineering,** v. 39, n. 6, p. 692–701, 2016.

[2] CANEPELLE, E.; WRITZI, T. C.; STEFLLER, A.D.; REDIN, M.; WEBER, F.H.; SCHERER, G.C.R.S. Influência dos métodos de secagem e preparo das amostras no processo de desidratação e reidratação do Abacaxi Pérola Ananas comosus L. **Rev. bras. Tecnol. Agroindustr.**, Francisco Beltrão, v. 14, n. 02: p. 3267-3283, 2020.

[3] CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, J. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Emerging Technologies**, v. 6, p. 420-428, 2005.

[4] COUTO, L. A., & COQUEIRO, J. S. Desenvolvimento de farinha de quiabo orgânico. **Profiscientia**, n. 14, p. 194-208, 2020.

[5] OLIVEIRA, T. W. N., DAMASCENO, A. N. C., DE OLIVEIRA, V. A., DE OLIVEIRA SILVA, C. E., DOS SANTOS BARROS, N. V., DE MEDEIROS, M. M. L., ... & MEDEIROS, S. R. A. Caracterização físico-química e sensorial de biscoitos tipo cookie elaborados com farinha de berinjela (solanum melongena l.) E quiabo (abelmoschus esculentus l. Moench)./Physico-chemical and sensory characterization of cookie type cookies made with eggplant flour (solanum melongena l.) And okra (abelmoschus esculentus l. Moench). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 14259-14277, 2020.

[6] SANTHALAKSHMY, S.; BOSCO, S. J. D.; FRANCIS, S.; SABEENA, M. Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. **Powder Technology**, v. 274, n. 1, p. 37-43, 2015.

[7] SANTOS, N. C., BARROS, S. L., SILVA, S. D. N., RIBEIRO, V. D. A., MELO, M. O. P., SILVA, W. P., ... & VIEIRA, D. M. Physico-chemical characterization and kinetics of drying of organic yellow bell pepper (Capsicum annuum L.). **African Journal of Agricultural Research**, v. 14, n. 29, p. 1247-1253, 2019.

[8] SHUEN, G. W., YI, L. Y., YING, T. S., VON, G. C. Y., YUSOF, Y. A. B., & PHING, P. L. Effects of drying methods on the physicochemical properties and antioxidant capacity of Kuini powder. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 24, 2021.

[9] TONON, R. V.; BRABET, C.; PALLET, D.; BRAT, P.; HUBINGER, M. D. Physicochemical and morphological characterization of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced with different carrier agents. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, n. 10, p. 1950-1958, 2009.

Capítulo 5

Propriedades físico-químicas e reológicas da polpa de melão neve (Cucumis melo sp.)

Lumara Tatiely Santos Amadeu
Regilane Marques Feitosa
Alexandre José Melo de Queiroz
Rossana Maria Feitosa de Figueiredo
Eugênia Telis de Vilela Silva
Henrique Valentim Moura
Yaroslávia Ferreira Paiva
Francislaine Suelia dos Santos
Raniza de Oliveira Carvalho

Resumo: O Brasil é um dos maiores produtores de frutas do mundo, entre as principais frutas produzidas está o melão, e entre as variedades de melão, está o melão neve, que é uma fruta perecível e rica em energia. A conversão dessa fruta em polpa e néctares permitirá a redução de perdas devido à sua alta perecibilidade e a elaboração de novos produtos. Como processos de tratamento térmico são aplicados na industrialização da polpa de frutas, é fundamental conhecer o comportamento desses produtos nas condições de processamento. Portanto, este trabalho teve como objetivo determinar as propriedades físico-químicas e reológicas em diferentes temperaturas da polpa de melão neve e elaborar diferentes formulações de néctares adicionados de açúcar e mel, já que eles fornecerão informações sobre a composição nutricional, estabilidade e controle de qualidade, além de influenciar o dimensionamento de bombas e tubulações. A polpa de melão neve é altamente perecível; pode ser classificada como ácida e possui baixo teor de sólidos solúveis totais; a elaboração de néctares, com adição de açúcar e mel, influenciou o conteúdo de água, SST, acidez, pH e luminosidade; a aplicação do processo de envase a quente aumentou o conteúdo de água, os SST e a intensidade do amarelo e reduziu o pH de todas as formulações; a polpa inteira de melão neve e os néctares foram classificados como fluidos pseudoplásticos e podem ser descritos por todos os modelos testados, especialmente o de *Mizrahi-Berk*.

Palavras-chave: Viscosidade, néctares, Tratamento térmico.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de frutas, com a maior parte da produção destinada ao mercado interno. O melão é uma das principais frutas produzidas, com 575 toneladas em 2013, das quais 30% foram exportadas (OECD/FAO, 2015; FAOSTAT, 2014). O melão neve é consumido maduro ou imaturo, e é rico em vitamina C, proteínas, carboidratos, ferro, cálcio, fósforo e energia (Dhillon et al., 2007; Goyal e Sharma, 2009).

Embora o consumo de frutas frescas esteja em alta, a demanda por produtos industrializados está crescendo devido à conveniência (Branco et al., 2007). O processamento industrial do melão produz polpas, sucos e néctares, ajudando a reduzir perdas (Clerici & Carvalho-Silva, 2011). Néctares devem conter pelo menos 30% de polpa e podem incluir aditivos para aumentar o rendimento e tornar o produto mais acessível (Brasil, 2003; Nogueira & Sichieri 2009).

A qualidade sensorial e a manutenção dos nutrientes são essenciais no produto final, e a viscosidade da polpa e dos néctares é um importante parâmetro de qualidade (Feitosa et al., 2015). O estudo das propriedades reológicas do melão neve e sua viabilidade para industrialização é justificado pela falta de dados sobre essa fruta.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no LAPPA da UFCG. O melão neve foi cultivado em Juazeiro do Norte, CE, higienizado, despolpado e armazenado a –25 ºC. Foram preparadas quatro formulações de néctar (F1: 85% polpa + açúcar; F2: 95% polpa + açúcar; F3: 85% polpa + mel; F4: 95% polpa + mel) e submetidas a tratamento térmico a 90 °C por 60 segundos. Os néctares foram envasados em garrafas plásticas e resfriados para análises posteriores.

A polpa e os néctares foram caracterizados quanto ao teor de água, acidez total, pH, sólidos solúveis totais e cor. A viscosidade aparente da polpa foi medida a 10, 30 e 50 ºC em diferentes velocidades de rotação usando um viscosímetro Brookfield (modelo DV-II+Pro). Os dados reológicos foram ajustados a modelos específicos.

Tabela 1. Modelos reológicos aplicados a polpa de melão neve integral e aos néctares

Modelos	Equações
Ostwald-de-Waelle ou Lei da potência	$\tau = K\gamma^{n}$
Mizrahi–Berk	$\tau^{0,5} = K_{OM} + K_{M}\gamma^{n_M}$
Herschel–Bulkley	$\tau - \tau_{OH} = K_{H} + \gamma^{n_H}$
Casson	$\tau^{0,5} = K_{OC} + K_{C}\gamma^{0,5}$

τ - tensão de cisalhamento (Pa); γ - taxa de deformação (s^{-1}); K - índice de consistência (Pa s^n); n – índice de comportamento do fluido (adimensional); K_{OM} – raiz quadrada da tensão inicial (Pa); K_M - índice de consistência (Pa s^n); τ_{OH} - tensão de

cisalhamento inicial (Pa); K_H - índice de consistência (Pas^n); K_{OC} ^{0,5} tensão de cisalhamento inicial $(Pa)^{0,5}$; K_C - viscosidade plástica de Casson $(Pa\ s)^{0,5}$

Foram utilizados como critérios de determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais, o coeficiente de determinação (R2) e o desvio percentual médio (P), calculado conforme a Equação 1.

$$P = \frac{100}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{\left|X_{\exp} - X_{teor}\right|}{X_{\exp}} \qquad (1)$$

Sendo: P - desvio percentual médio (%); X_{exp} - valores obtidos experimentalmente; X_{teor} - valores preditos pelo modelo; n - número de dados experimentais

2.1. TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados experimentais foram tratados de acordo com o delineamento inteiramente casualizado (DIC), em triplicata, aplicando-se o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, através o programa ASSISTAT versão 7.7 Beta. Os modelos reológicos foram ajustados às curvas da viscosidade aparente em função da taxa de deformação, utilizando-se o programa computacional Statistica para descrever o comportamento reológico da polpa.

3. RESULTADO E DISCUSSÕES

3.1. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, FÍSICA E FÍSICO-QUÍMICA DA POLPA DE MELÃO NEVE E DOS NÉCTARES ANTES E APÓS O TRATAMENTO TÉRMICO DO TIPO HOT FILL.

Na Tabela 2, têm-se os parâmetros químicos, físicos e físico-químicos da polpa de melão neve integral e dos néctares, antes e após o tratamento térmico do tipo hot fill.

Podemos verificar que a polpa de melão apresentou um teor de água superior ao dos néctares, ou seja, a adição de açúcar e mel gerou a diminuição do teor de água. Esse mesmo comportamento foi verificado por Fernandes et al. (2010) ao estudarem a polpa de morango adicionada de sacarose e pectina. Verifica-se ainda que após a aplicação do hot fill a polpa integral não apresentou diferença estatística, porém ocorreu uma tendência de aumento de teor de água entre os néctares.

Observa-se que essa variedade de melão apresenta baixo sólidos solúveis totais, sendo necessário estudos sobre ele, e a necessidade de adicionar adoçantes para o possível adoçamento do produto. Dhillon et al. (2007) afirma que, a doçura do melão neve é menor em comparação com a do melão comumente comercializado. Essa afirmação foi comprovada por Silva et al. (2011), ao quantificar os sólidos solúveis totais do melão amarelo-ouro, japonês e pele-de-sapo, reportando valores de 5,0, 7,83 e 4,66 respectivamente. Dessa forma, foram formulados néctares com adição de açúcar e mel, ocasionando o aumento dos sólidos solúveis totais, como já era esperado. Mesmo comportamento foi observado por Moreira (2010) ao estudar o néctar de goiaba adoçado com mel e açúcar, a polpa de goiaba apresentava 7°Brix com a adição de mel obteve-se um valor de 10,83°Brix e com a adição de açúcar 11,58; e por Fernandes et al (2010) ao analisarem a polpa de morango adicionado de sacarose e pectina. Nota-se ainda que a

aplicação do hot fill gerou uma tendência de aumento dos SST nos néctares F1 e F2 e não apresentou diferença estatística nos demais.

Tabela 2. Parâmetros químicos, físicos e físico-químicos da polpa de melão neve (*Cucumis melo* sp.) integral e néctares antes e após o *hot fill*

Teor de água		
	Antes do hot fill	**Após o hot fill**
Polpa integral	96,72 aA	97,50 aA
F1	83,94 bB	86,11 bA
F2	84,63 bB	88,11 bA
F3	84,58 bB	87,14 bA
F4	85,43 bB	87,84 bA
	Sólidos solúveis totais (°Brix)	
Polpa integral	1,93 cA	1,77 cA
F1	13,58 aB	13,92 aA
F2	12,92 bB	13,67 aA
F3	13,17 bA	12,92 bA
F4	13,25 abA	13,17 bA
	pH	
Polpa integral	4,5 cA	4,45 bB
F1	4,76 aA	4,56 aB
F2	4,79 aA	4,58 aB
F3	4,53 bcA	4,32 cB
F4	4,59 bA	4,33 cB
	Acidez	
Polpa integral	0,15 aA	0,16 aA
F1	0,09 cB	0,1 cA
F2	0,09 cA	0,1 cA
F3	0,12 bA	0,12 bA
F4	0,12 bA	0,13 bA
Parâmetros de cor		
	Luminosidade (L*)	
Polpa integral	50,39 aB	52,45 aA
F1	48,72 cB	49,65 bA
F2	49,45 bA	47,73 cB
F3	49,57 bA	49,58 bA
F4	48,09 dA	45,53 dB
	a*	
Polpa integral	-1,04 aB	1,77 cA
F1	-0,53 bB	1,26 dA
F2	-0,87 aB	0,09 eA
F3	-0,95 aB	2,28 bA
F4	-0,11 cB	2,53 aA
	b*	
Polpa integral	13,09 bB	27,85 bA
F1	12,29 bB	27,79 bA
F2	12,61 bB	26,55 cA
F3	12,96 bB	28,05 bA
F4	17,53 aB	31,24 aA

O valor quantificado para o pH classifica a polpa de melão neve e os néctares, como um alimento ácido. Segundo Kadam et al. (2011) pH inferiores a 4,5 indica um crescimento reduzido de microrganismos, e pH superiores a 4,5 estão propensos ao desenvolvimento dos mesmos com maior facilidade. Morais et al. (2009) obteve pH de aproximadamente 6,5 para três cultivares de melão, melão (Orange flesh, Charentais e Gália), eles encontraram ainda acidez de 0,79, 0,98 e 0,93, respectivamente, ambos os valores foram superiores ao quantificado para o melão neve. Oliveira et al. (2016), ao estudarem bebida tropical mista de amora-preta e água de coco, obtiveram acidez entre 0,11 e 0,23, mesma faixa para a acidez dos néctares de melão com açúcar e mel, quanto ao pH obtido com a bebida mista, eles foram inferiores (3,70 a 3,80). Após a aplicação do hot fill é possível observar a diminuição do pH, aumento da acidez no néctar F1 e estabilidade da acidez dos demais, o que torna-se um ponto positivo da aplicação do tratamento térmico pois aumenta o tempo de vida útil do produto. Os néctares adicionados de açúcar (F1 e F2) apresentaram o maior pH e a menor acidez. Magalhaes et al (2008) ao avaliarem o suco tropical de manga (*Mangifera indica* L.) envasado pelo processo *hot fill* obtiveram pH (4,0) inferior e acidez (0,24) superior aos néctares F1, F2, F3 E F4 após o mesmo tratamento.

Em relação aos parâmetros de cor nota-se que a adição de açúcar e mel proporcionou uma diminuição na luminosidade, o que significa que o produto tornou-se mais escuro já que apresentaram valores mais distantes de 100 (Kara & Ercelebi, 2013); uma diminuição na intensidade do verde e do amarelo, exceto para a F4 que apresentou a maior intensidade de amarelo. Com a aplicação do hot fill ocorreu o aumento da luminosidade para a polpa integral e para o néctar F1 e uma diminuição para o F2 e F4; ocorreu um aumento na intensidade do amarelo e gerou a presença da intensidade do vermelho em detrimento da verde.

3.2. COMPORTAMENTO REOLÓGICO DA POLPA DE MELÃO NEVE INTEGRAL

Na Tabela 3 estão dispostos os parâmetros reológicos dos modelos de Lei da potência, Mizrahi-Berk, Hershel-Bulkley e Casson ajustados aos dados experimentais da viscosidade aparente em função da taxa de deformação da polpa de melão neve integral nas temperaturas de 10, 30 e 50 °C, da mesma forma como os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P).

Verifica-se que todos os modelos testados apresentaram bons ajustes, com coeficiente de determinação (R^2) > 0,99 e desvios percentuais médios inferiores (P) a 3%. Entretanto o modelo de Mizrahi-Berk se destacou por apresentar os menores P < 0,40%. Comportamento semelhante em relação ao modelo de Mizrahi-Berk foi verificado por Fernandes et al. (2008) ao aplicarem diversos modelos aos dados coletados para a polpa de umbu-cajá adicionada de 7,5% de maltodextrina; e por Melo et al. (2008) para a polpa de buriti com leite, em diferentes temperaturas (10 a 50°C).

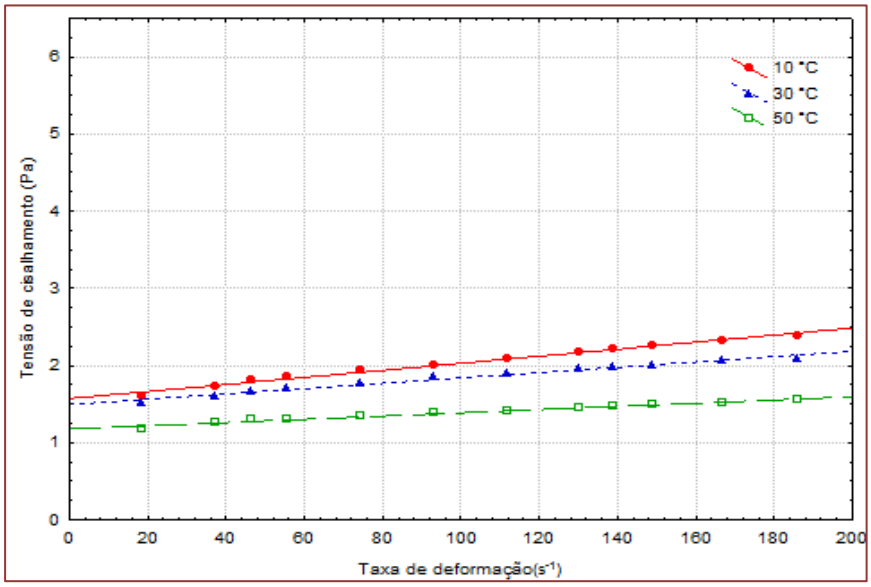
Tabela 3. Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) dos modelos reológicos para polpa de melão neve integral

Modelos	Temperatura (°C)	Parâmetros			R^2	P(%)
		K		n		
Lei da potência	10	0,7411		0,3837	0,9903	2,8554
	30	0,8364		0,3136	0,9937	1,8813
	50	0,6381		0,2478	0,9865	2,2269
	Temperatura (°C)	**K_{OM}**	**K_M**	**n_M**	**R^2**	**P(%)**
Mizrahi–Berk	10	1,3783	0,0337	0,6505	0,9994	0,3528
	30	1,2429	0,0570	0,5188	0,9992	0,2850
	50	1,0811	0,0175	0,6284	0,9981	0,3979
	Temperatura (°C)	**T_{OH}**	**K_H**	**n_H**	**R^2**	**P(%)**
Herschel–Bulkley	10	2,0853	0,0413	0,8556	0,9993	0,7969
	30	1,6674	0,0845	0,6657	0,9994	0,5500
	50	1,2303	0,0200	0,7784	0,9980	0,8060
	Temperatura (°C)	**K_{OC}**		**K_C**	**R^2**	**P(%)**
Casson	10	1,2150		0,0847	0,9984	0,5758
	30	1,2234		0,0642	0,9992	0,2783
	50	1,0152		0,0387	0,9974	0,4768

Para o modelo de Mizrahi-Berk nota-se que a medida que a temperatura aumentou o indicie de consistência (K_M) e o índice de comportamento do fluido (n_M) sofrem oscilações não apresentando uma tendência de comportamento. No entanto o parâmetro n_M apresentou valores inferiores a 1, o que de acordo com Ahmed et al. (2005) caracteriza um fluido pseudoplástico (n<1), afirmam ainda que grande parte das polpas de frutas apresentam esse comportamento em virtude da influência gerada pelas interações entre os açúcares solúveis, substâncias pécticas e sólidos suspensos.

A Figura 1 mostra a relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação, a diferentes temperaturas (10, 30 e 50 °C) para polpa integral de melão neve, com ajustes junto ao modelo de Mizrahi–Berk. Observa-se na Figura que o aumento da temperatura reduz a viscosidade da polpa do melão. Essa redução da viscosidade aparente em função da temperatura, foi relatado por Oliveira et al. (2011) para a polpa de goiaba e gabiroba em diferentes temperaturas (20, 25, 30 e 35 °C); e por Vidal et al. (2006) da polpa de manga Keith centrifugada (10 a 60 °C), afirmando que é comum esse comportamento das polpas por serem compostas por sólidos dispersos em meios líquidos, onde com o aumento da temperatura tem-se o aumento da mobilidade das partículas e redução da mobilidade do liquido, resultando consequentemente na diminuição da viscosidade da polpa.

Figura 1. Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa de melão neve integral ajustada pelo modelo de Mizrahi–Berk



Nota-se que à medida que a velocidade de rotação e a temperatura aumentaram ocorreu uma tendência de diminuição da viscosidade aparente da polpa de melão neve. Esse mesmo comportamento, em que a viscosidade aparente tendeu a redução com o aumento da velocidade de rotação, foi observado em estudo realizado por Feitosa et al. (2015) com polpa de murta integral nas temperaturas de 15, 25 e 35 °C e nas velocidades de rotação de 20 a 200 rpm. De acordo com Sugai (2002) um produto em repouso as partículas tem um estado desordenado e ao aplicar ao mesmo produto uma força elas tendem a se orientar na direção da força e consequentemente quanto maior a força, maior a ordenação e menor a viscosidade.

3.3. COMPORTAMENTO REOLÓGICO DOS NÉCTARES

Nas Tabelas 4 estão dispostos os parâmetros reológicos dos modelos de Lei da potência, *Mizrahi-Berk*, *Hershel-Bulkley* e Casson ajustados aos dados experimentais da viscosidade aparente em função da taxa de deformação das formulações dos néctares, nas temperaturas de 10 e 30°C, antes e depois do hot fill. Da mesma forma está presente também os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P).

Verifica-se que dentre os modelos testados, todos apresentaram bons ajustes, com coeficiente de determinação (R^2) superiores a 0,99 e desvios percentuais médios inferiores a 3,52% e 2,69% para os néctares antes e depois da aplicação do hot fill, respectivamente. Entretanto o modelo de *Mizrahi-Berk* apresentou de modo geral os melhores ajustes para os todos os néctares por apresentar os menores desvios percentuais médios, sendo eles inferiores a 0,86%. Comportamento semelhante foi observado por Rodrigues et al. (2016) ao aplicarem modelos reológicos ao suco de buriti em diferentes temperaturas (10, 20, 30, 40, 50 e 60°C), eles obtiveram os melhores ajustes com o modelo de *Mizrahi-Berk* e coeficientes de determinação superiores a 0,9.

As formulações apresentaram o índice de comportamento (n) menor que a unidade, caracterizando-as como fluidos pseudoplásticos. A tensão inicial (tensão crítica) kom em relação ao modelo de *Mizrahi-Berk* foi maior para a temperatura de 10 ºC (1,93 – 1,47) e a formulação que apresentou o maior valor foi a F1 (85% de polpa de melão + açúcar) e o menor valor foi caracterizado pela a F2 (95% de polpa + açúcar), antes do hot fill. Ao aplicar o *hot fill* reduziu o kom de ambas as temperaturas, porém o aquecimento do néctar deve ter sofrido influencia no mel adicionado na F4 (95% de polpa + mel), pois essa se destacou com a maior força necessária e a F2 permaneceu apresentado o menor valor da tensão inicial.

Tabela 4. Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) dos modelos reológicos para as formulações dos néctares antes e após o *hot fill*

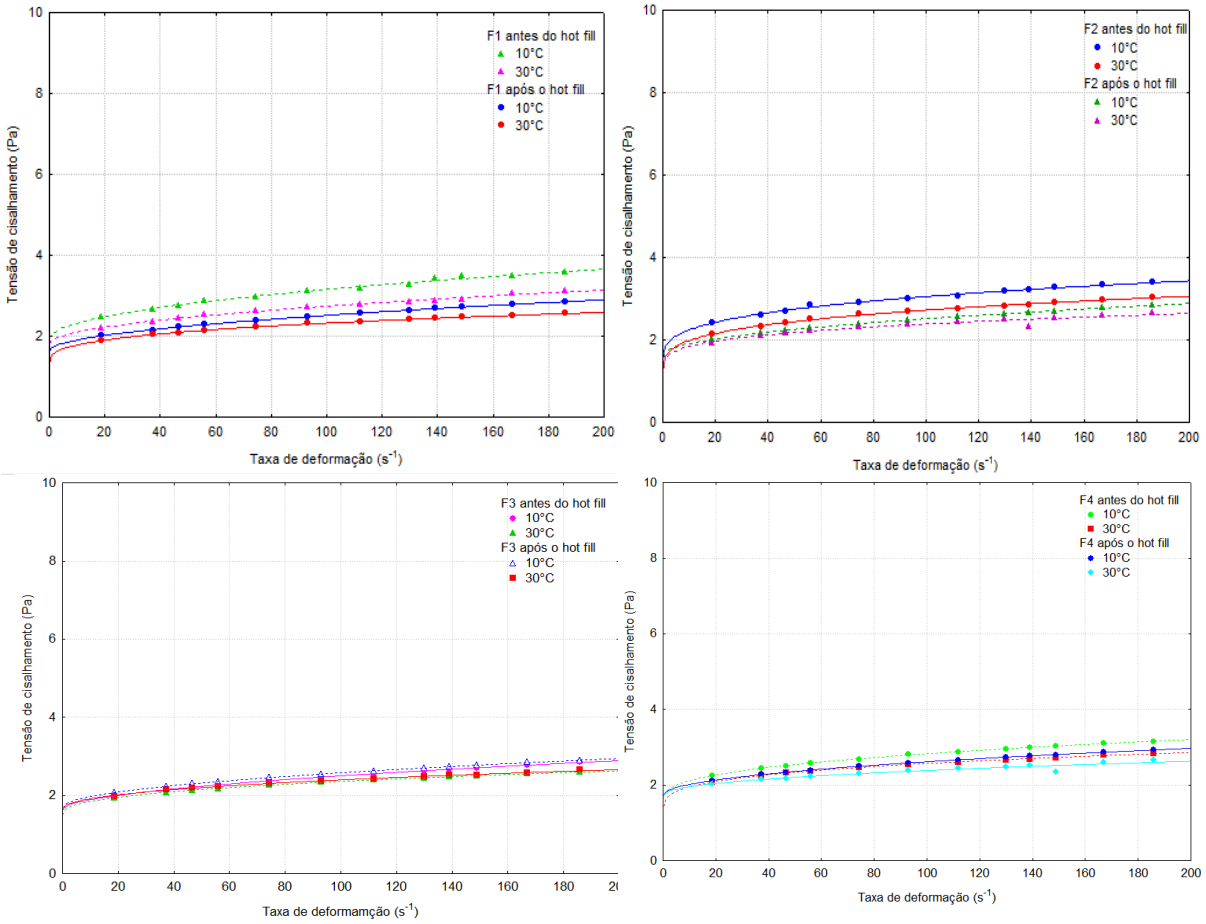
ANTES DO HOT FILL							
Modelos	**Temperatura (°C)**	**Néctares**	**Parâmetros**			**R^2**	**P(%)**
			K		**n**		
Lei da potência	10	F1	1,8540		0,3745	0,9831	3,5205
		F2	2,2775		0,3076	0,9952	1,7835
		F3	1,3576		0,3364	0,9935	1,8796
		F4	1,9309		0,3113	0,9970	1,2034
	30	F1	1,7950		0,3156	0,9905	2,1372
		F2	1,7754		0,3118	0,9970	1,1902
		F3	1,6450		0,2671	0,9965	1,0891
		F4	1,8454		0,2785	0,9975	0,9029
Temperatura (°C)			**Kom**	**Km**	**nm**	**R^2**	**P(%)**
Mizrahi–Berk	10	F1	1,9332	0,1234	0,4978	0,9941	0,8672
		F2	1,4728	0,3756	0,3117	0,9963	0,5988
		F3	1,6364	0,0735	0,5354	0,9997	0,2006
		F4	1,6204	0,2003	0,3901	0,9994	0,2385
	30	F1	1,8054	0,0912	0,5066	0,9970	0,6625
		F2	1,2065	0,3958	0,2915	0,9982	0,5208
		F3	1,4996	0,1379	0,3971	0,9998	0,1320
		F4	1,3324	0,3047	0,3043	0,9992	0,2873
Temperatura (°C)			**Toh**	**Kh**	**nh**	**R^2**	**P(%)**
Herschel–Bulkley	10	F1	4,2038	0,2638	0,6695	0,9931	1,7330
		F2	2,8568	0,7539	0,4663	0,9964	1,1762
		F3	2,9338	0,1264	0,7094	0,9995	0,5504
		F4	3,0138	0,4263	0,5341	0,9994	0,4771
	30	F1	3,7041	0,1586	0,6910	0,9963	1,4218
		F2	2,1642	0,6248	0,4618	0,9980	1,0944
		F3	2,5203	0,2646	0,5302	0,9998	0,2436
		F4	1,4719	0,9463	0,3680	0,9986	0,5773
Temperatura (°C)			**Koc**		**Kc**	**R^2**	**P(%)**
Casson	10	F1	1,9378		0,1217	0,9941	0,8663
		F2	2,0001		0,1035	0,9946	0,7524
		F3	1,5857		0,0918	0,9996	0,1894
		F4	1,8500		0,0969	0,9988	0,3349
	30	F1	1,7951		0,0950	0,9970	0,6567
		F2	1,7708		0,0935	0,9963	0,7642

Tabela 4. Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) dos modelos reológicos para as formulações dos néctares antes e após o hot fill. (continuação)

Temperatura (°C)			Koc		Kc	R^2	P(%)
Casson	30	F3	1,6521		0,0700	0,9993	0,2315
		F4	1,7630		0,0794	0,9974	0,4985
APÓS O HOT FILL							
Modelos	Temperatura (°C)	Néctares	Parâmetros			R^2	P(%)
			K		n		
Lei da potência	10	F1	1,4013		0,3317	0,9938	1,9297
		F2	1,4648		0,3218	0,9947	1,6624
		F3	1,5924		0,3144	0,9945	1,7180
		F4	1,7339		0,3017	0,9945	1,6902
	30	F1	1,5393		0,2744	0,9974	1,0087
		F2	1,7202		0,2622	0,9552	2,3730
		F3	1,8376		0,2504	0,9924	1,4867
		F4	2,0000		0,2297	0,9413	2,7953
Temperatura (°C)			Kom	Km	nm	R^2	P(%)
Mizrahi–Berk	10	F1	1,6458	0,0762	0,5283	0,9995	0,2703
		F2	1,6268	0,0892	0,4991	0,9999	0,1235
		F3	1,6883	0,0890	0,4999	0,9998	0,1639
		F4	1,7173	0,0976	0,4819	0,9996	0,1884
	30	F1	1,3284	0,2067	0,3411	0,9994	0,2330
		F2	1,2640	0,2934	0,2919	0,9609	1,2760
		F3	1,6214	0,1104	0,4232	0,9972	0,4436
		F4	1,7068	0,0867	0,4462	0,9510	1,2397
Temperatura (°C)			Toh	Kh	nh	R^2	P(%)
Herschel–Bulkley	10	F1	2,9246	0,1490	0,6794	0,9995	0,5237
		F2	2,9403	0,1605	0,6621	0,9998	0,2923
		F3	3,1417	0,1701	0,6573	0,9998	0,3466
		F4	3,2756	0,1879	0,6389	0,9996	0,4010
	30	F1	2,0938	0,3647	0,4784	0,9994	0,4420
		F2	2,3182	0,3829	0,4730	0,9570	2,6844
		F3	2,9227	0,2142	0,5596	0,9973	0,8828
		F4	2,9803	0,1945	0,5760	0,9970	0,9025
Temperatura (°C)			Koc		Kc	R^2	P(%)
Casson	10	F1	1,6049		0,0912	0,9994	0,3039
		F2	1,6282		0,0887	0,9999	0,1240
		F3	1,6885		0,0890	0,9998	0,1639
		F4	1,7446		0,0869	0,9996	0,1847
	30	F1	1,6060		0,0708	0,9982	0,3590
		F2	1,6821		0,0695	0,9592	1,4977
		F3	1,7233		0,0669	0,9969	0,4347
		F4	1,7687		0,0612	0,9509	1,2805

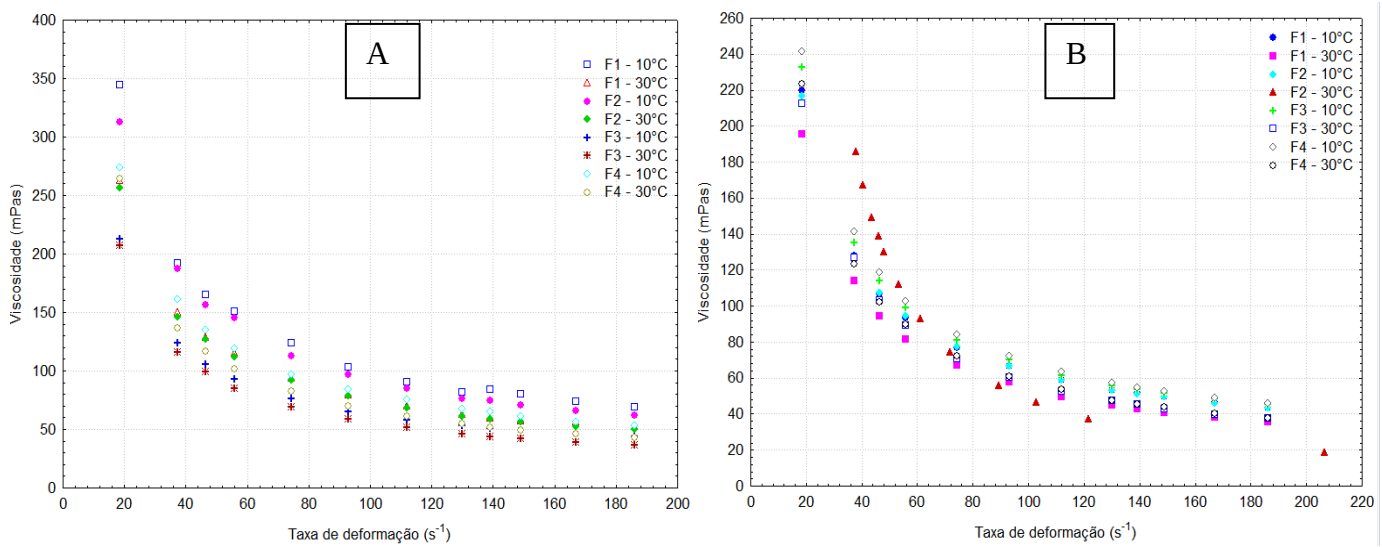
A figura 2 mostra a relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação, nas temperaturas de 10 e 30°C para os néctares, antes e depois da aplicação do hot fill junto ao modelo de Mizrahi–Berk.

Figura 2. Relação entre a tensão de cisalhamento, a taxa de deformação e a temperatura do néctar F1, F2, F3 e F4, antes e depois do hot fill, ajustadas pelo modelo de *Mizrahi–Berk*



Para todos os testes aplicados a temperatura de 10 ºC, exceto para a F3, manteve o mesmo comportamento, apresentando a maior tensão de cisalhamento com o aumento da taxa de deformação antes do hot fill. Silva et al. (2012) ao analisarem as viscosidades aparentes das bebidas mistas de cajá e manga adicionadas de inulina e frutoligossacarídeos, observaram que a formulação contendo inulina HP (2) apresentou graficamente maior tensão de cisalhamento com o aumento da taxa de deformação e maior viscosidade quando comparada às demais bebidas.

Figura 3. Relação entre a viscosidade, a taxa de deformação e a temperatura do néctar F1, F2, F3 e F4, antes (A) e depois (B) do *hot fill*



Nota-se que à medida que a taxa de deformação e a temperatura aumentaram ocorreu uma tendência de diminuição da viscosidade aparente dos néctares. Esse mesmo comportamento, foi observado em estudo realizado por Fonseca (2014) ao analisarem, a 25°C o comportamento de néctares mistos de frutas tropicais, sendo eles, abacaxi com cajá, abacaxi com caju, abacaxi com manga, cajá com manga, e caju com manga. Vicente (2015) observaram ao estudarem o comportamento reológico do suco de abacaxi com yacon em diferentes temperaturas (10 a 60°C), o mesmo comportamento, diminuição da viscosidade aparente com o aumento da temperatura e da velocidade de rotação.

Nota-se ainda que ocorre uma tendência de diminuição da viscosidade aparente após a aplicação do tratamento térmico do tipo hot fill nos néctares F1, F2 e F4. Para o néctar F3 a viscosidade aparente também tende a diminuição com o hot fill, no entanto apresenta um aumento na temperatura de 10°C (após hot fill) e voltando a diminuir em seguida. Isso quer dizer que a aplicação do hot fill nos néctares apresentaram maior fluidez (menor viscosidade). Barcia et al. (2010) avaliaram a diferença na fluidez de geleias de jambolão formuladas com diferentes tipos de edulcorantes. Verificaram que as geleias light contendo esteviosídeo foram as que apresentaram maior fluidez (menor viscosidade).

Araújo et al. (2009) analisaram a viscosidade aparente de néctar de amora preta a 100 rpm, obtendo resultado de 36,76 mPa.s, considerando que as elevadas viscosidades decorrem do fato do produto não ter sofrido qualquer processo de filtração e as diferenças apresentadas podem estar relacionadas ao momento do envase; o grau de homogeneização do produto pode não ter sido o mesmo, refletindo então no maior ou menor teor de polpa em suspensão, de algumas amostras. Neste estudo pode-se observar que a 100 rpm sem o hot fill a viscosidade aparente variou de 100,83 a 59,00 mPa.s e após a aplicação do hot fill a variação foi de 72,17 a 57,83 mPa.s, indicando que mesmo sendo valores superiores ao relatado em outra pesquisa, que a aplicação do hot fill foi eficiente nessa redução, e que possivelmente os néctares elaborados necessitem de operações de filtração para remoção da polpa em suspensão e obtendo assim um produto pouco

viscoso. Quanto menor a viscosidade de um fluido, menor é a perda de carga durante o escoamento, diminuindo consequentemente os custos energéticos com bombeamento (Nascimento et al. 2016).

Estudando a adição dos prebióticos inulina e frutoligossacarídeo (FOS) nas bebidas mistas de cajá e manga, diante do comportamento viscosimétrico observado, afirmaram que a adição de prebióticos mostrou-se satisfatória para a indústria, não representará custos operacionais adicionais (Silva et al. 2012).

4. CONCLUSOES

Conclui-se que a polpa do melão neve, sendo altamente perecível, é classificada como ácida e possui baixo teor de sólidos solúveis totais. A adição de açúcar e mel na elaboração dos néctares influenciou no teor de água, nos SST, na acidez, no pH e na luminosidade. O processo de hot fill aumentou o teor de água, os SST e a intensidade de amarelo, além de reduzir o pH em todas as formulações. Tanto a polpa de melão neve integral quanto os néctares F1, F2, F3 e F4 foram classificados como fluidos pseudoplásticos, cujo comportamento pode ser descrito por todos os modelos testados, especialmente pelo modelo Mizrahi-Berk.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossa gratidão ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio. Agradecemos também à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) pela assistência técnica.

REFRÊNCIAS

[1] AHMED, J.; RAMASWAMY, H. S.; HIREMATH, N. The effect of high-pressure treatment on rheological characteristics and colour of mango pulp. **Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 40, n. 8, p. 885–895, 2005.

[2] ARAÚJO, P. F.; RODRIGUES, R.S.; MACHADO, A.R.; SANTOS, V.S.; SILVA, J.A. Influência do congelamento sobre as características físico-químicas e o potencial antioxidante de néctar de amora preta. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v.27, n.2, p.199-206, 2009.

[3] BARCIA, M.T.; MEDINA, A.L.; ZAMBIAZI, R.C. Características físico-químicas e sensoriais de geleias de jambolão. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v.28, n.1, p. 25-36, 2010.

[4] BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa n. 12, de 4 de setembro de 2003. Disponível em: http://www.idec.org.br/pdf/instrucao-normativa-12.pdf. Acesso em: 20 agost. 2015.

[5] DHILLON N. P. S.; RANJANA R.; SINGH K.; EDUARDO I.; MONFORTE A. J.; PITRAT M.; DHILLON N. K.; SINGH, P. P. Diversity among landraces of Indian snapmelon (Cucumis melo var. momordica). Genet Resour Crop Evol. 54:1267–1283, 2007.

[6] FEITOSA, R. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; SOUZA, E. P.; SILVA, V. M.; Viscosidade aparente da polpa de murta integral em diferentes temperaturas. **Revista Caatinga**. Mossoró, v. 28, n. 4, p. 235 – 243, 2015.

[7] FERNANDES, T. K. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; MELO, K. S. BEZERRA, M. C. T. Estudo do comportamento reológico da polpa de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina. **Produtos Agroindustriais.** Campina Grande, v.10, n.2, p.171-180, 2008

[8] FERNANDES, T. N.; RESENDE, J. V.; CRUVINEL, R. S. R. RENO, M. J. Relação entre o comportamento reológico e a dinâmica do congelamento e descongelamento de polpa de morango adicionada de sacarose e pectina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 30(1): 188-204, jan.-mar. 2010.

[9] **Food and Agricultural Organization Statistics**, 2014. Disponível em: http://faostat3.fao.org/browse/Q/*/E, Acessado em fevereiro de 2017.

[10] FONSECA, A. V. V. **Perfil sensorial, aceitação e caracterização em compostos bioativos de néctares mistos de frutas tropicais.** Dissertação (Mestrado em Ciencia e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Ceará, Ceará. 2014. 156f.

[11] GOYAL M.; SHARMA S. K. Traditional wisdom and value addition prospects of arid foods of desert region of NorthWest India. Ind J Trad Knowl. 8:581–585, 2009.

[12] INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 4ª ed. São Paulo, 1° Ed. digital, 2008. 1000f.

[13] KADAM, D. M.; BALASUBRAMANIAN, S. Foam mat drying of tomato juice. **Journal of Food Processing and Preservations**, v. 35, n. 4, p. 488-495, 2011.

[14] KARA, S.; ERCELEBI, E. A. Thermal degradation kinetics of anthocyanins and visual colour of Urmu mulberry (*Morus nigra* L.). **Journal of Food Engineering,** v. 116, n. 2, p. 541–547, 2013.

[15] MAGALHAES, E. F.; MAIS, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; LIMA, A. S. L.; BRITO, M.A. Estabilidade do suco tropical de manga (*Mangifera indica* L.) envasado pelos processos *hot fill* e asséptico. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 39, n. 01, p. 77-84, Jan.- Mar., 2008. 2012.

[16] MELO, K. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Comportamento reológico da polpa de buriti com leite**. Revista de Biologia e Ciências da Terra**. São Cristóvão, v. 8, n. 2, p. 197-206, 2008.

[17] MORAIS, P. L. D.; SILVA, G. G.; MAIA, E. N.; MENEZES, J. B. Avaliação das tecnologias pós-colheita utilizadas e da qualidade de melões nobres produzidos para exportação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos.** Campinas, v. 29, n. 1, p. 214-218, 2009.

[18] MOREIRA, P. X. **Desenvolvimento e estabilidade do néctar de goiaba adoçado com mel de abelha**. Dissertação (Mestrado em Ciencia e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Ceará, Ceará. 2010. 74f

[19] ASCIMENTO, L. O.; PEREIRA, J. R.; ASSIS, C. L.; ALVES, M. T. R.; SILVA, P. S.; FABRI, R. L.; MENDONÇA, L. M.; SILVA, J. G.; DENADAI, A. M. L. Comportamento térmico reológico de xaropes compostos por mel e extratos naturais. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 34, n. 2, jul./dez. 2016.

[20] NOGUEIRA F.A.; SICHIERI R. Association between consumption of soft drinks, fruit juice, and milk and body mass index among public school students in Niterói, Rio de Janeiro State, Brazil. **Caderno de Saúde Pública**, v. 25, p. 2715-2724, 2009.
OCDE/FAO - Perspectivas Agrícolas no Brasil: desafios da agricultura brasileira 2015-2024. Disponível em: http://www.fao.org.br/download/PA20142015CB.pdf. Acessado em fevereiro de 2017.

[21] OLIVEIRA, R. C.; ROSSI, R. M.; DAVANTEL, S. T. Estudo do efeito da temperatura sobre o comportamento reológico das polpas de gabiroba e goiaba**. Acta Scientiarum Technology**. Maringá, v. 33, n. 1, p. 31-37, 2011.

[22] SUGAI, A. Y. **Processamento descontínuo de purê de manga *(Mangifera indica Linn.), variedade Haden:* estudo da viabilidade do produto para pronto consumo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia Química da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Universidade de São Paulo, São Paulo. 2002. 82f.

[23] ODRIGUES, A. M. C.; BEZERRA, A. V.; SILVA, I. Q.; SILVA, L. H. M. propriedades reológicas do suco de buriti (*mauritia flexuosa).* **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal - SP, v. 38, n. 1, p. 176-186, 2016

[24] SILVA, L. M. M.; FIGUEIREDO, R. M. F.; SOUSA, F. C.; SOUSA, E. P.; LIMA, A. K. V. O. Parâmetros químicos, físicos e físico-químicos de três variedades de melão. **Revista Verde.** Mossoró, v.6, n.5, p. 242 – 246, 2011

[25] VICENTE, M. R. **Propriedades reológicas de suco de abacaxi com yacon.** Trabalho de conclusão de curso – Departamento de Engenharia de Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná. 2015. 37f.

[26] SILVA, L. M. R.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; RAMOS, A. M.; GONZAGA, M. L. C.; LIMA, A. S. Comportamento reológico de bebidas mistas de cajá e manga adicionadas de prebióticos. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 30, n. 1, p. 75-82, jan./jun. 2012

Capítulo 6

Efeito da temperatura de secagem nas propriedades físicas e tecnólogicas de brotos de amendoim

Eugênia Telis de Vilela Silva
Alexandre José Melo de Queiroz
Rossana Maria Feitosa de Figueiredo
Henrique Valentim Moura
Aline Priscila de França Silva
Francislaine Suelia dos Santos
Lumara Tatiely Santos Amadeu
Nailton de Macedo Albuquerque Junior
Anna Karoline de Sousa Lima

Resumo: O amendoim é conhecido pelo seu elevado valor nutricional, incluindo altos teores de proteínas, ácidos graxos insaturados, carboidratos, fibras, minerais e diversos componentes bioativos. A germinação tem despertado interesse científico por aumentar o teor de nutrientes e compostos bioativos nas sementes de amendoim. Este estudo avalia o efeito da germinação em grãos de amendoim de três cultivares geneticamente melhoradas e o impacto da secagem nas propriedades físicas e tecnológicas dos brotos resultantes. As cultivares BR1, BRS Havana e L7 Vermelho foram analisadas, revelando que a germinação e a secagem em temperaturas entre 50 e 70°C afetaram suas estruturas e propriedades tecnológicas de maneira semelhante. A secagem influenciou as propriedades físicas das farinhas obtidas, diminuindo a massa específica real e a molhabilidade, e aumentando o índice de Carr, o fator de Hausner, a solubilidade, a higroscopicidade e o ângulo de repouso. As farinhas resultantes mostraram-se higroscópicas e com boa fluidez.

Palavras-chave: *Arachis hypogaea* L., broto, fluidez, solubilidade.

1. INTRODUÇÃO

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é amplamente reconhecido por seu elevado valor nutricional, destacando-se pelo seu alto teor de proteínas (25-30%), ácidos graxos insaturados (45-50%), carboidratos (10-20%), além de fibras, minerais e diversos componentes bioativos (Limmongkon et al., 2018). Nos últimos anos, o interesse científico no processo de germinação tem crescido significativamente, visto como uma técnica promissora para aumentar o teor de nutrientes e compostos bioativos nas sementes de amendoim. A germinação induz mudanças nos constituintes das sementes, promovendo a mobilização de proteínas e carboidratos, bem como intensificando as atividades metabólicas que resultam na produção de diversos compostos benéficos (Bueno et al., 2020).

Este processo é considerado um mecanismo eficiente para a acumulação de compostos bioativos, resultando em grãos com propriedades nutricionais e características tecnológicas melhoradas, além de possibilitar a produção de novos produtos alimentícios biotecnologicamente processados de maneira econômica e eficaz (Jimenez et al., 2019; Gan et al., 2017).

Entretanto, a alta umidade dos brotos germinados (35-60% b.u.) exige a implementação de técnicas de preservação para evitar a rápida deterioração. A secagem, particularmente por ar quente, é uma solução prática e econômica para reduzir o teor de água a níveis que impedem a proliferação de microrganismos (Horuz et al., 2018; Taheri-Garavand et al., 2018).

Este estudo tem como objetivo avaliar o efeito da germinação em grãos de amendoim de três cultivares geneticamente melhoradas e o impacto da secagem nas propriedades físicas e tecnológicas dos brotos resultantes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas sementes das cultivares de amendoim BRS Havana, L7 Vermelho e BR1 da Embrapa (safra 2018/2019), fornecidas pela Embrapa Algodão, Campina Grande – PB. As sementes com pele foram sanitizadas por imersão em água destilada com 7% de hipoclorito de sódio a 28 ± 1°C por 5 min, conforme Silva et al. (2023) com adaptações, e drenadas por 5 min. A germinação foi realizada em bandejas (20 x 30 cm) com 2 kg de areia esterilizada e encharcada com água destilada (30%), contendo 75 sementes por bandeja, à temperatura ambiente, com 12 h de luz e 12 h de escuro por 48 h, pulverizadas com água destilada duas vezes ao dia.

Os brotos com pele foram desidratados até 3% de umidade, processados por 2 min em mixer (Philco PMX600 600 W) e secos a 50, 60 e 70 °C em secador com circulação de ar forçada (1 m/s), em bandejas de aço inox (8 x 8 cm, malha de 1,18 mm). Após secos, foram processados por 1 min, obtendo-se a farinha de broto de amendoim.

As amostras de broto seco foram caracterizadas quanto as suas propriedades físicas: a massa específica aparente foi determinada seguindo a metodologia de Politi (2009), em que a amostra foi pesada em uma proveta e, em seguida, foi observado o volume ocupado pela massa pesada na proveta; esse volume foi utilizado para cálculo da massa específica aparente por meio da Equação 1.

$$\rho_a = \frac{M_{p,vazia} - M_{p,cheia}}{V_{ocupado}} \quad (1)$$

Onde: ρ_a - Massa específica aparente (g/cm^3); $M_{p,vazia}$ - massa da proveta vazia (g); $M_{p,cheia}$ - massa da proveta com amostra(g); $V_{ocupado}$ - volume ocupado pela amostra na proveta (cm^3).

A massa específica compactada foi determinada de acordo com a metodologia de Tonon (2009) com adaptações, onde amostra foi colocada em uma proveta graduada de 10 ml, submetendo-a a batimentos (50 vezes) sobre uma bancada rígida, de uma altura de 5 cm, sob a força do próprio peso;, o volume ocupado pela amostra na proveta foi registrado e a massa específica calculada de acordo com Equação 2.

$$\rho_c = \frac{m}{V} \qquad (2)$$

Onde: ρ_c - massa específica compactada (g/cm^3), m - massa da amostra (g) e V - volume ocupado pela amostra na proveta (cm^3).

A massa específica real foi determinada em triplicata, pelo método picnométrico, utilizando hexano, na temperatura de 25 °C, o qual consiste na medida da massa em relação ao volume da amostra, utilizando um picnômetro previamente aferido com água em cada temperatura a ser usada nas determinações. A massa específica real foi calculada como a relação entre a massa e o volume das amostras.

A porosidade intragranular das amostras foi calculada pela Equação 3 a partir da relação entre a massa específica aparente e a massa específica real.

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_{ap}}{\rho_{abs}} x100 \qquad (3)$$

Onde: ε - porosidade intragranular (adimensional), ρ_{ap} - massa específica aparente (g/cm^3) e ρ_{abs} - massa específica real (g/cm^3).

O fator de Hausner foi calculado pela relação entre a massa específica compactada e a massa específica aparente. De acordo com Hausner (1967), este fator está correlacionado com a fluidez do material granulado.

O índice de Carr ou índice de compressibilidade é um parâmetro relacionado à capacidade de empacotamento da farinha, e foi calculado conforme Bhusari et al. (2014), por meio da Equação 4.

$$IC = \frac{\rho_c - \rho_a}{\rho_c} \times 100 \qquad (4)$$

Onde: IC - índice de Carr (%), ρc - massa específica compactada (g/cm^3), ρa - massa específica aparente (g/cm^3).

A solubilidade foi determinada pelo método de Eastman e Moore (1984) modificado por Cano-Chauca et al. (2005). Um grama da amostra foi adicionado à 100mL de água destilada sob velocidade máxima de agitação em um agitador magnético, durante 5 min. A farinha dispersa em água foi centrifugada a 2.600 rpm por 5min, e uma alíquota de 25 mL do sobrenadante foi transferida para uma placa de Petri, previamente tarada, e submetida à secagem em estufa a 105 °C por 24 h.

A higroscopicidade foi determinada de acordo com o método proposto por Cai e Corke (2000), com modificações. As amostras em pó (cerca de 1 g) foram colocadas em um recipiente hermético contendo uma solução saturada de NaCl (umidade relativa de 75%) a 25 °C por sete dias, com pesagem ao final do período.

O ângulo de repouso foi obtido da geometria do cone para uma massa de amostra de 30 g, de acordo com a Equação (5).

$$\theta = Arctang\left(\frac{2h}{D}\right) \quad (5)$$

Onde: θ- ângulo de repouso; h- altura da pilha e D- diâmetro da pilha.

A molhabilidade foi determinada por meio da metodologia descrita por Schubert (1993) com adaptações, em que cerca de 0,5 g da amostra foi vertida em um béquer de 150 mL contendo 100 mL de água destilada em temperatura ambiente, verificando-se com cronômetro o tempo necessário para a completa imersão da amostra. O cálculo da taxa de molhabilidade foi realizado pela relação entre a massa (g) e o tempo (s).

Os dados gerados a partir da análise das amostras foram submetidos à análise de variância e a comparação entre médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa Statistica versão 7.7.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Tabelas 1, 2 e 3 exibem os resultados obtidos a partir da caracterização física e tecnológica das farinhas de broto de amendoim obtidas em temperaturas de 50, 60 e 70º C. Observa-se que as massa específicas aparentes e compactadas das amostras, embora tenham diferido estatisticamente entre as diferentes temperaturas de secagem, não apresentaram mudanças ou tendência associadas a essas diferenças, exceto na cultivar BR1, em que massa específicas mais altas foram observadas nas temperaturas mais elevadas.

Os valores obtidos para massa específica compactada estão próximos aos determinados por Eltayeb et al. (2011) na farinha de feijão bambara (*Vigna subterranean*) (0,621 g/com^3) para densidade compactada, por Sandhu et al. (2017) na farinha de aveia (0,620 g/cm^3), por Sharma et al. (2018) em farinha de grãos de milho rabo de raposa (*Setaria italica* L.) germinados (0,592 g/cm^3) e por Elkhalifa e Bernhardt (2018) na farinha de sorgo germinado e fermentado (0,610 g/cm^3)

Tabela 1 – Propriedades físicas e tecnológicas das farinhas de broto de amendoim obtidas a partir das temperaturas de 70, 60 e 50 °C da cultivar BR1

Análise	BR1					
	50 °C		60 °C		70 ºC	
Massa específica aparente (g/cm^3)	0,44 ± 0,00	b	0,46 ± 0,00	a	0,47 ± 0,00	a
Massa específica compactada (g/cm^3)	0,63 ± 0,01	b	0,66 ± 0,00	a	0,67 ± 0,01	a
Massa específica real (g/cm^3)	1,61 ± 0,07	a	1,32 ± 0,01	b	1,04 ± 0,02	c
Porosidade (%)	72,70 ± 1,35	a	64,58 ± 0,05	b	55,21 ± 0,86	c
Índice de Carr (%)	30,00 ± 0,00	a	30,00 ± 0,00	a	30,00 ± 0,00	a
Fator de Hausner	0,70 ± 0,00	a	0,70 ± 0,00	a	0,70 ± 0,00	a
Solubilidade (%)	10,13 ± 0,18	b	10,32 ± 0,05	b	11,61 ± 0,16	a
Higroscopicidade (%)	52,57 ± 0,45	b	54,39 ± 1,54	b	58,03 ± 1,22	a
Ângulo de repouso (°)	22,48 ± 0,30	b	25,37 ± 0,70	a	27,05 ± 0,19	a
Molhabilidade (g/s)	0,35 ± 0,00	a	0,33 ± 0,00	b	0,32 ± 0,00	b

A massa específica real das amostras apresentou uma tendência de redução com o aumento da temperatura de secagem, comportamento mais acentuado nas amostras da cultivar BR1.

A cultivar BR1 apresentou valores superiores as demais cultivares, com valor médio de 1,32 g/cm^3, enquanto as demais apresentaram valores médios aproximados de 0,72 g/cm^3. Diversos estudos apresentaram resultados próximos ao da cultivar BR1, superiores aos das cultivares BRS havana e L7 vermelho. Teba et al. (2017) obtiveram valores de massa específica real entre 1,37 a 1,49 g/cm^3 em farinha de arroz mista e 1,48 g/cm^3 em farinha de arroz; Sousa et al. (2015) obtiveram resultados de massa específica real entre 1,26 e 1,41 g/cm^3 em atemoia seca.

A massa específica real é definida como a massa de pó por unidade de volume absoluto, a porosidade total é a diferença entre o volume bruto e o volume real, isto é, os espaços vazios entre as partículas de amostra. A porosidade das amostras diminuiu com o aumento da temperatura, comportamento contrário ao observado por Teba et al. (2017), que afirmaram que o aumento de temperatura elevou a porosidade da farinha de arroz. O valor médio determinados na cv. BR1, de 64,2%, é similar ao observado por Sharma et al. (2018) em farinha de grãos de milho rabo de raposa (*S. italica* L.) germinados (67,8 %).

A fluidez de um pó é um índice de importância tecnológica que pode ser caracterizada pelos índices de Hausner e de Carr, também conhecido como índice de compressibilidade (Triboli; Gut, 2016). O índice de Carr, que se relaciona com as propriedades de fluxo do material, não sofreu variação entre as amostras secas em diferentes temperaturas, nem como entre as cultivares estudadas, todas com valor de 30%.

De acordo com Santhalakshmy et al. (2015) valores de índice de compressibilidade entre 15-20% representam pó com boa fluidez, entre 20-35 fluidez justa, entre 35-45% fluidez ruim e > 45% fluidez muito ruim.

Também o fator de Hausner não apresentou diferenças entre temperaturas nem entre as cultivares. Santhalakshmy et al. (2015) afirma que materiais que apresentam fator de Hausner < 1,2 são considerados de baixa coesividade, classificação em que se enquadram as farinhas de broto de amendoim estudadas.

Tabela 2 – Propriedades físicas e tecnológicas das farinhas de broto de amendoim obtidas a partir das temperaturas de 70, 60 e 50 °C da cultivar BRS havana

Análise	BRS havana					
	50 °C		60 °C		70 ºC	
Massa específica aparente (g/cm^3)	0,45 ± 0,00	a	0,46 ± 0,00	a	0,45 ± 0,01	a
Massa específica compactada (g/cm^3)	0,65 ± 0,00	a	0,66 ± 0,00	a	0,65 ± 0,00	a
Massa específica real (g/cm^3)	0,77 ± 0,01	a	0,71 ± 0,00	b	0,70 ± 0,01	c
Porosidade (%)	40,65 ± 0,61	a	34,86 ± 0,23	b	34,73 ± 1,29	b
Índice de Carr (%)	30,00 ± 0,00	a	30,00 ± 0,00	a	30,00 ± 0,00	a
Fator de Hausner	0,70 ± 0,00	a	0,70 ± 0,00	a	0,70 ± 0,00	a
Solubilidade (%)	8,61 ± 0,18	c	9,12 ± 0,05	b	9,73 ± 0,16	a
Higroscopicidade (%)	47,85 ± 1,12	c	52,04 ± 0,79	b	55,20 ± 1,43	a
Ângulo de repouso (°)	22,28 ± 1,04	a	22,73 ± 0,33	a	23,99 ± 1,73	a
Molhabilidade (g/s)	0,34 ± 0,00	a	0,30 ± 0,00	ab	0,27 ± 0,00	b

A solubilidade das farinhas aumentou com o aumento da temperatura de secagem, como se mostra nas Tabelas 7, 8 e 9. As características de solubilidade das proteínas são influenciadas por fatores como origem, condições de processamento, pH, força iônica e presença de outros ingredientes (Kinsella, 1976). Elkhalifa e Bernhardt (2010) verificaram que a maior solubilidade da farinha de sorgo germinado se deu na faixa de pH 6,0 e que quanto maior o tempo de germinação, maior a solubilidade da farinha obtida.

A solubilidade é uma propriedade de grande importância para o desenvolvimento de produtos instantâneos, e se relaciona com a quantidade de sólidos solúveis presentes na amostra seca (Bezerra et al., 2013). De acordo com Augusto-Ruiz et al. (2003), o material ou proteína que apresenta índice de solubilidade de 10% possui potencial para uso na fabricação de produtos alimentícios instantâneos, o que incluiria as farinhas secas a 70 °C, com variação de solubilidade entre 9 e 11%.

Os valores encontrados nesse estudo foram inferiores aos encontrados por Albarracín et al. (2016) de 42,83% em grãos de arroz germinados extrudados e aos determinados por Devisetti et al. (2014), de 39% em farinhas de milheto proso (*Panicum miliaceum* L.).

Tabela 9 – Propriedades físicas e tecnológicas das farinhas de broto de amendoim obtidas a partir das temperaturas de 70, 60 e 50 °C da cultivar L7 vermelho

Análise	L7 vermelho					
	50 °C		60 °C		70 ºC	
Massa específica aparente (g/cm^3)	0,45 ± 0,00	b	0,45 ± 0,00	b	0,46 ± 0,01	a
Massa específica compactada (g/cm^3)	0,65 ± 0,00	a	0,64 ± 0,00	b	0,65 ± 0,00	a
Massa específica real (g/cm^3)	0,72 ± 0,01	b	0,71 ± 0,01	ab	0,70 ± 0,00	b
Porosidade (%)	37,00 ± 0,85	a	36,90 ± 0,54	a	35,07 ± 0,56	b
Índice de Carr (%)	30,00 ± 0,00	a	30,00 ± 0,00	a	30,00 ± 0,00	a
Fator de Hausner	0,70 ± 0,00	a	0,70 ± 0,00	a	0,70 ± 0,00	a
Solubilidade (%)	8,81 ± 0,18	b	9,13 ± 0,05	ab	9,25 ± 0,16	a
Higroscopicidade (%)	47,38 ± 1,39	c	55,15 ± 0,98	b	66,64 ± 1,76	a
Ângulo de repouso (°)	25,06 ± 1,36	b	25,39 ± 0,37	ab	27,41 ± 1,17	a
Molhabilidade (g/s)	0,23 ± 0,00	a	0,22 ± 0,00	ab	0,21 ± 0,00	b

A higroscopicidade das farinhas aumentou com o aumento da temperatura de secagem, o que pode estar relacionado com a menor umidade do produto obtido em temperaturas mais altas. Materiais secos são caracterizados por apresentar higroscopicidade naturalmente alta e o ambiente de armazenamento pode influenciar fortemente sua qualidade e propriedades tecnológicas, de forma que a absorção de umidade é de grande importância na manutenção da estabilidade do produto em pó (Ling et al., 2016).

De acordo com as especificações da GEA Niro Research Laboratory (2003), produtos que apresentam uma faixa de higroscopicidade acima de 25% são considerados extremamente higroscópicos, critério em que se incluem todas as amostras de brotos de amendoim secadas nas temperaturas de 50 a 70º C.

Conforme as Tabelas 1, 2 e 3, os ângulos de repouso das farinhas de amendoim germinados das três cultivares, variando na faixa de 22 a 27°, podem ser consideradas de boa fluidez segundo a classificação proposta por Shittu e Lawal (2007), pela qual sólidos particulados com até 35° de ângulo de repouso possuem boa fluidez ou se classificam como sem coesividade; os de 35 a 45° possuem coesividade fraca; de 45 a 55° apresentam coesividade; e, acima de 55° são muito coesivos.

Materiais coesivos apresentam maior dificuldade à incorporação de água, mas durante a reidratação as moléculas de água presentes na superfície tendem a diminuir a coesividade entre as partículas, gerando, em consequência, uma penetração mais rápida de água. Szulc e Lenart (2012) reportaram que o ângulo de repouso de leite integral em pó, farelo de arroz, açúcar moído e pós de morango foram 47°, 31°, 53° e 33°, respectivamente.

Das Tabelas 1, 2 e 3 tem-se que as taxas de molhabilidade das amostras diminuíram com o aumento da temperatura de secagem, isto é, quanto maior o teor de

água da farinha maior foi a taxa de molhabilidade. Caliskan e Dirim (2013) definiram a molhabilidade como a capacidade de penetração da água no pó por meio das forças capilares, e afirmaram que maiores taxas de molhabilidade facilitam a reidratação pelo aumento da capilaridade.

Os valores reportados nesse estudo, na faixa de 0,21 a 0,35 g/s, corresponderam a uma média de 4 s para 1,0 grama se umidificar. Sharma et al. (2018) estudando farinha de grãos de milho rabo de raposa (*S. italica* L.) germinados, obtiveram resultados de 58 s e 52 s para umidificar 1 g de farinha das amostras germinadas e não germinadas, respectivamente. Peter-Ikechukwu et al. (2019) encontraram valores de 73 s para 1 g do mix de farinha de soja com farinha de taro (*C. esculenta*) e 35 s para 1 g do mix de farinha de trigo com farinha de soja. Elkhalifa e Bernhardt (2018) obtiveram um tempo de 71 s para 1 g de farinha de sorgo germinado e fermentado.

4. CONCLUSÃO

As cultivares de amendoim BR1, BRS Havana e L7 Vermelho tiveram as suas estruturas afetadas pela germinação e pela secagem e apresentaram propriedades tecnológicas semelhantes após secagens em temperaturas entre 50 e 70º C;

As temperaturas de secagem dos brotos de amendoim afetaram as propriedades físicas das farinhas deles obtidas, reduzindo a massa específica real e a molhabilidade e aumentando o índice de Carr, o fator de Hausner, a solubilidade, a higroscopicidade e o ângulo de repouso. As farinhas se apresentaram higroscópicas e de boa fluidez.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossa gratidão ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio. Agradecemos também à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) pela assistência técnica.

REFERENCIAS

[1] ALBARRACÍN, M.; TALENS, P.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N.; GONZÁLEZ, R. J.; DRAGO, S. R. Physicochemical properties and structural characteristics of whole grain *Oryza sativa* L. with different treatments. **Food Science and Technology International**, v. 22, n. 4, p. 333-342, 2016.

[2] AUGUSTO-RUIZ, W.; BONATO, R. S.; RISSO, F. A. V.; ARRIECHE, L. D. S. Caracterização da farinha pré-gelatinizada de arroz integral produzida a partir de grãos quebrados. **Vetor**, Rio Grande**,** v. 13, p. 25-46, 2003.

[3] BEZERRA, C. V.; AMANTE, E. R.; OLIVEIRA, D. C.; RODRIGUES, A. M. C.; SILVA, L. H. M. Green banana (*Musa cavendishii*) flour obtained in spouted bed - effect of drying on physico-chemical, functional and morphological characteristics of the starch. **Industrial Crops and Products**, v. 41, p. 241-249, 2013.

[4] BUENO, D. B.; SILVA JÚNIOR, S. I.; CHIAROTTO, A. B. S.; CARDOSO, T. M.; NETO, J. A.; REIS, G. C. L.; TAVANO, O. L. The germination of soybeans increases the water-soluble components and could generate innovations in soy-based foods. **LWT**, v. 117, p. 108599, 2020.

[5] CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of spray dried (*Amaranthus)* betacyanin pigments. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 6, p. 1248-1252, 2000.

[6] CALISKAN, G.; DIRIM, S. N. The effects of the different drying conditions and the amounts of maltodextrin addition during spray drying of sumac extract. **Food and bioproducts processing**, v. 91, n.

4, p. 539-548, 2013.

[7] CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, C. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 6, n. 4, p. 420-428, 2005.

[8] DEVISETTI, R.; YADAHALLY, S. N.; BHATTACHARYA, S. Nutrients and antinutrients in foxtail and proso millet milled fractions: Evaluation of their flour functionality. **LWT-Food Science and Technology**, v. 59, n. 2, p. 889-895, 2014.

[9] EASTMAN, J. E.; MOORE, C. O. **Cold water-soluble granular starch for gelled food composition.** U.S.Patent 4465702, 1984.

[10] ELKHALIFA, A. E. O.; BERNHARDT, R. Combination Effect of Germination and Fermentation on Functional Properties of Sorghum Flour. **Current Journal of Applied Science and Technology**, p. 1-12, 2018.

[11] ELKHALIFA, A. E. O.; BERNHARDT, R. Influence of grain germination on functional properties of sorghum flour. **Food Chemistry**, v. 121, n. 2, p. 387-392, 2010.

[12] ELTAYEB, A. R. S.; ALI, A. O.; ABOU-ARAB, A. A.; ABU-SALEM, F. M. Chemical composition and functional properties of flour and protein isolate extracted from Bambara groundnut (*Vigna subterranean*). **African Journal of Food Science**, v. 5, n. 2, p. 82-90, 2011.

[13] GAN, R. Y.; LUI, W. Y.; WU, K.; CHAN, C. L.; DAI, S. H.; SUI, Z. Q.; CORKE, H. Bioactive compounds and bioactivities of germinated edible seeds and sprouts: An updated review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 59, p. 1-14, 2017.

[14] GEA Niro Research Laboratory. **Analytical methods dry milk products**. GEA Niro analytical methods. Soeborg: Denmark, 2003.

[15] HAUSNER, H. H. **Friction conditions in a mass of metal powder**. Polytechnic Inst. of Brooklyn. Univ. of California, Los Angeles, 1967.

[16] HORUZ, E.; BOZKURT, H.; KARATAŞ, H.; MASKAN, M. Simultaneous application of microwave energy and hot air to whole drying process of apple slices: drying kinetics, modeling, temperature profile and energy aspect. **Heat and Mass Transfer**, v. 54, n. 2, p. 425-436, 2018.

[17] JIMENEZ, M. D.; LOBO, M.; SAMMÁN, N. 12th IFDC 2017 Special Issue–Influence of germination of quinoa (*Chenopodium quinoa*) and amaranth (*Amaranthus*) grains on nutritional and techno-functional properties of their flours. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 84, p. 103290, 2019.

[18] KINSELLA, J. E. Functional properties of protein in foods, a survey. **Critical Review Food Science and Nutrition**, v. 7, n. 2, p. 219-280, 1976.

[19] LIMMONGKON, A.; NOPPRANG, P.; CHAIKEANDEE, P.; SOMBOON, T.; WONGSHAYA, P.; PILAISANGSUREE, V. LC-MS/MS profiles and interrelationships between the anti-inflammatory activity, total phenolic content and antioxidant potential of Kalasin 2 cultivar peanut sprout crude extract. **Food chemistry**, v. 239, p. 569-578, 2018.

[20] LING, B.; ZHANG, B.; LI, R.; WANG, S. Nutritional quality, functional properties, bioactivity, and microstructure of defatted pistachio kernel flour. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 93, n. 5, p. 689–699, 2016.

[21] PETER-IKECHUKWU, A. I.; IBEABUCHI, J. C.; ELUCHIE, C. N.; AGUNWAH, I. M.; ANEKE, E. J.; CHUKWU, M. N.; OKAFOR, D. C. Functional Properties of Sausage Rolls Made from Cocoyam and Wheat Flour Enriched with Soybean Flour. **Food Science and Nutrition**, v. 3, n. 2, 2019.

[22] POLITI, F. A. S. **Estudos farmacognósticos e avaliação de atividades biológicas de extratos obtidos das cascas pulverizadas de endopleurauchi (*huber*) cuatrec (*humiriaceae*)**. 143f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2009.

[23] SANDHU, K. S.; GODARA, P.; KAUR, M.; PUNIA, S. Effect of toasting on physical, functional and antioxidant properties of flour from oat (*Avena sativa* L.) cultivars. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 16, n. 2, p. 197-203, 2017.

[24] SANTHALAKSHMY, S.; BOSCO, S. J. D.; FRANCIS, S.; SABEENA, M. Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. **Powder Technology**, v.274, n.1, p.37-43, 2015.

[25] SCHUBERT, H. Instantization of powdered food products. **International Chemical Engineering**, v. 33, n.1, p. 28-45, 1993.

[26] SHARMA, N.; GOYAL, S. K.; ALAM, T.; FATMA, S.; NIRANJAN, K. Effect of germination on the functional and moisture sorption properties of high–pressure-processed foxtail millet grain flour. **Food and bioprocess technology**, v. 11, n. 1, p. 209-222, 2018.

[27] SHITTU, T. A.; LAWAL, M. O. Factors instant properties of powdered cocoa beverages. **Food Chemistry**, v. 100, n. 1, p. 91-98, 2007.

[28] SILVA, E. T. V.; QUEIROZ, A. J. M., FIGUEIRÊDO, R. M. F.; MOURA, H. V.; SANTOS, F. S.; SILVA, A. P. F.; GOMES, J. P. Dynamic modelling of degradation kinetics of phenolic compounds, phenolic profiles, mineral content, and overall antioxidant capacity of germinated peanut flours. **LWT**, v. 183, p. 114927, 2023.

[29] SOUSA, K. S. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; FERNANDES, T. K. S. Produção e caracterização da polpa de atemoia em pó. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 3, p. 718-728, 2015.

[30] SZULC, K.; LENART, A. Water vapor adsorption properties of agglomerated baby food powders. **Journal of Food Engineering**, v. 109, n. 1, p. 135-141, 2012.

[31] TAHERI-GARAVAND, A; MEDA, V; NADERLOO, L. Artificial neural Network– Genetic algorithm modeling for moisture content prediction of savory leaves drying process in different drying conditions. **Engineering in Agriculture, Environment and Food**, v. 11, n. 4, p. 232-238, 2018.

[32] TEBA, C. S.; SILVA, E. M. M.; CHÁVEZ, D. W. H.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R. Effects of whey protein concentrate, feed moisture and temperature on the physicochemical characteristics of a rice-based extruded flour. **Food chemistry**, v. 228, p. 287-296, 2017.

[33] TONON, R. V. **Secagem por atomização do suco de açaí: Influência das variáveis de processo, qualidade e estabilidade do produto.** 2009. 212f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

[34] TRIBOLI, E. P. R.; GUT, J. A. W. Study of Spray-dried Yoghurt Production in a Pilot-scale Equipment Using Drying Agents to Reduce Wall Deposition. **International journal of food engineering**, v. 12, n. 8, p. 793-803, 2016.

Capítulo 7

Propriedades da farinha de broto de amendoim: efeitos da germinação e do processo de secagem

Eugênia Telis de Vilela Silva
Alexandre José Melo de Queiroz
Rossana Maria Feitosa de Figueiredo
Henrique Valentim Moura
Aline Priscila de França Silva
Yaroslávia Ferreira Paiva
Francislaine Suelia dos Santos
Maria Monique Tavares Saraiva

Resumo: O processo de germinação de sementes leva à modificação da composição e a síntese de novos compostos, incluindo princípios bioativos, transformando grãos de consumo convencional em alimentos com propriedades nutracêuticas. Trata-se de um processo simples, capaz de prover novas fontes de antioxidantes naturais, na forma de alimentos funcionais. Foram avaliados os efeitos da germinação nos grãos de amendoim, assim como os efeitos da secagem nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C sobre os brotos de amendoim. Sementes de amendoim de três cultivares foram germinadas por 48 h; as sementes, os brotos in natura e as farinhas dos brotos foram caracterizados quanto aos parâmetros de composição química e parâmetros tecnológicos das farinhas. O processo de germinação reduziu os teores de lipídios, proteínas, ácido ascórbico e amido, e aumentou o teor de açúcares totais, de fenólicos totais, taninos, antocianinas, flavonoides e carotenoides. A secagem aumentou os teores de lipídios, proteínas, ácido ascórbico e amido em relação ao material germinado. A secagem ; reduziu o teor de carotenoides, de fenólicos totais, e de taninos, e afetou os teores de antocianinas e flavonoides de forma diferente, conforme a cultivar; as temperaturas de secagem dos brotos de amendoim afetaram as propriedades físicas das farinhas obtidas, reduzindo a massa específica real e a molhabilidade e aumentando a solubilidade, a higroscopicidade e o ângulo de repouso. As farinhas se apresentaram higroscópicas e de boa fluidez.

Palavras-chave: *Arachis hypogaea* L.; grãos germinados; compostos fenólicos; propriedades tecnológicas; compostos bioativos.

1. INTRODUÇÃO

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é considerado um alimento altamente nutritivo devido a sua abundância de nutrientes, seu alto teor de proteínas (25 – 30%), de ácidos graxos insaturados (45 – 50%) e de carboidratos (10 – 20%), conteúdo polifenólico, conteúdo de fibras, minerais e seus componentes bioativos (Limmongkon et al., 2018).

Nos últimos anos, pesquisadores têm demonstrado um maior interesse no processo de germinação, utilizando-o como uma técnica valiosa de processamento e melhoria destinada a sintetizar princípios nutritivos e bioativos nas sementes de amendoim. Isso ocorre porque o processo de germinação gera alterações nos perfis dos constituintes envolvidos na brotação, que incluem a mobilização de proteínas, carboidratos e uma intensificação das atividades metabólicas que levam à liberação e/ou produção de diversos compostos (Bueno et al., 2020).

O processo de germinação pode ser visto como um potencial mecanismo molecular de acumulação de compostos bioativos em sementes comestíveis, brotos e seus derivados, produzindo alterações nos grãos que podem afetar as propriedades nutricionais e as características tecnológicas de suas farinhas, e pode ser aplicado de maneira fácil e econômica para obter novos produtos alimentícios biotecnologicamente processados. (Jimenez et al., 2019; GAN et al., 2017).

O processo de germinação dá origem a brotos com alto teor de água, que requerem o emprego de processos para evitar a rápida deterioração do material. Um dos processos mais utilizados envolve a secagem ou desidratação, que por meio de instalações e operações simples impede a deterioração física, bioquímica, química e microbiológica. A secagem é uma técnica de preservação eficaz e econômica que reduz o teor de água a níveis significativamente mais baixos, tornando sua disponibilidade insuficiente para a proliferação de microrganismos associados à deterioração (Horuz et al., 2018).

Desse modo, o presente estudo objetivou avaliar o efeito da germinação nos grãos de amendoim de três cultivares geneticamente melhoradas, assim como o efeito da secagem nas propriedades físico-químicas e tecnológicas nos brotos gerados a partir do processo germinativo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas sementes das cultivares de amendoim BRS Havana, L7 Vermelho e BR1 da Embrapa (safra 2018/2019), fornecidas pela Embrapa Algodão, Campina Grande – PB. As sementes com pele foram sanitizadas por imersão em água destilada com 7% de hipoclorito de sódio a 28 ± 1°C por 5 min, conforme Setia et al. (2019) com adaptações, e drenadas por 5 min. A germinação foi realizada em bandejas (20 x 30 cm) com 2 kg de areia esterilizada e encharcada com água destilada (30%), contendo 75 sementes por bandeja, à temperatura ambiente, com 12 h de luz e 12 h de escuro por 48 h, pulverizadas com água destilada duas vezes ao dia.

Os brotos com pele foram desidratados até 3% de umidade, processados por 2 min em mixer (Philco PMX600 600 W) e secos a 50, 60 e 70 °C em secador com circulação de ar forçada (1 m/s), em bandejas de aço inox (8 x 8 cm, malha de 1,18 mm). Após secos, foram processados por 1 min, obtendo-se a farinha de broto de amendoim.

As amostras (amendoim *in natura*, broto germinado por 48 h e brotos secos a 50, 60 e 70 °C) foram caracterizadas quanto à umidade (estufa a 105 °C), cinzas (mufla a

550 °C), acidez total titulável (NaOH 0,1 M), pH (potenciômetro digital), proteína bruta (método de Kjeldahl, fator 5,46), ácido ascórbico (titulometria com DCFI, AOAC, 2006), lipídios (método de Bligh e Dyer, 1959), amido (hidrólise ácida e titulação de Fehling, Carvalho et al., 2002), atividade de água (higrômetro Aqualab 3TE a 25 °C).

O teor de fenólicos totais foi determinado pelo método de Waterhouse (2006) com reagente de Folin-Ciocalteau, leitura em espectrofotômetro a 765 nm, expressos em mg de GAE/100 g. Taninos foram quantificados usando o método de Folin-Ciocalteau (Lin e Tan, 2007; Maisont e Narkrugsa, 2010), com leitura a 765 nm, expressos em mg de equivalentes de ácido tânico. Açúcares totais foram determinados pelo método da antrona (Yemm e Willis, 1954) e açúcares redutores pela metodologia de Miller (1959), com leituras a 620 nm e 540 nm, respectivamente.

Antocianinas e flavonoides totais foram determinados por espectrofotometria (Francis, 1982), extraídos com etanol-HCl 85:15 (v/v), leituras a 374 nm (flavonoides) e 535 nm (antocianinas). Carotenoides totais foram determinados por espectrofotometria (Lichtenthaler, 1987), com extração em acetona, expressos em mg/100 g.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados, em base seca, gerados a partir da caracterização química e físico-química das amostras são apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3.

Tabela 1 – Caracterização físico-química (em base seca) das amostras de amendoim in natura, broto de amendoim e farinha de brotos de amendoim secos nas temperaturas de 70, 60 e 50 °C da cultivar BR1

Análise	BR1									
	in natura		48 h		50 °C		60 °C		70 ºC	
Umidade (%)	6,44 ± 0,21	b	65,27 ± 0,66	a	3,78 ± 0,05	c	3,30 ± 0,01	c	3,24 ± 0,01	c
Aw	0,618 ± 0,00	b	0,786 ± 0,00	a	0,412 ± 0,00	c	0,393 ± 0,00	d	0,361 ± 0,01	e
Cinzas (%)	2,67 ± 0,04	a	2,00 ± 0,01	c	2,52 ± 0,03	b	2,59 ± 0,02	ab	2,50 ± 0,05	b
Acidez (%)	0,26 ± 0,00	e	0,28 ± 0,00	d	0,43 ± 0,00	c	0,48 ± 0,00	b	0,51 ± 0,00	a
pH	6,97 ± 0,01		6,94 ± 0,01		6,79 ± 0,01		6,79 ± 0,01		6,79 ± 0,01	
Lipídios (%)	49,67 ± 0,60	a	29,74 ± 0,91	c	42,69 ± 0,15	b	44,06 ± 0,05	b	49,15 ± 0,07	a
Proteínas (%)	27,30 ± 0,47	c	23,85 ± 0,22	d	36,53 ± 0,41	a	36,19 ± 0,35	a	34,94 ± 0,50	b
Ácido ascórbico (mg/100 g)	8,35 ± 0,23	a	2,98 ± 0,06	b	8,05 ± 0,13	a	8,00 ± 0,12	a	8,00 ± 0,04	a
Açúcares totais (mg/100 g)	8,23 ± 0,01	b	18,27 ± 0,00	a	7,86 ± 0,01	e	7,98 ± 0,01	d	8,11 ± 0,01	c
Açúcares redutores (mg/100 g)	5,57 ± 0,01	c	7,77 ± 0,00	a	5,69 ± 0,01	b	5,74 ± 0,02	b	5,77 ± 0,01	b
Amido (%)	18,65 ± 0,04	a	8,91 ± 0,03	d	9,99 ± 0,11	c	10,14 ± 0,06	b	10,14 ± 0,06	b

As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na mesma linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leqslant 0,05$).

A germinação deu origem a brotos com alto teor de água devido a absorção de água pelo grão durante o processo, variando de 52 a 69 % entre as cultivares, de acordo com as Tabelas 1, 2 e 3.

O processo de desidratação dos brotos objetivou gerar produtos com teor de água na faixa de 3 - 4 %. Quanto maior a temperatura de secagem, menor foi o teor de umidade do produto, em todas as cultivares. Embora tenha ocorrido esse decréscimo, o teor de umidade das amostras não apresentou diferença estatística ($p < 0,05$) entre as diferentes temperaturas. O mesmo comportamento foi observado por Leite et al. (2019), na secagem em diferentes temperaturas da semente de jaca germinada.

Assim como o teor de água, a atividade de água (aw) aumentou significativamente após o período de germinação. Os brotos apresentaram atividade de água na faixa de 0,700 – 0,800. A atividade de água afeta o crescimento de microrganismos, bem como a velocidade das reações químicas e enzimáticas, que aumentam quando há uma alta quantidade de água livre disponível (Damodaran; Parkin, 2018), acelerando o processo de degradação dos produtos agrícolas. Embora a maioria dos microrganismos causadores de deterioração se prolifere mais rapidamente em um ambiente com alta atividade de água (> 0,90) (Oliveira et al., 2011; Franco; Landgraf, 2005), a faixa de atividade de água das amostras germinadas identifica o produto como sujeito a degradação microbiológica e a reações bioquímicas.

Após o processo de secagem, o broto da cultivar L7 vermelho seco a 70 °C apresentou a menor atividade de água (0,204), como pode ser observado na Tabela 3. No geral, as atividades de água das farinhas de broto de amendoim seguiram a mesma tendência do teor de água, diminuindo com o aumento da temperatura, com diferenças estatisticamente significativas entre as temperaturas.

Os valores de atividade de água dos pós de brotos de amendoim, na faixa de 0,200 – 0,400, são materiais de baixa perecibilidade e adequados para conservação, visto que produtos com atividade de água abaixo de 0,6 são considerados microbiologicamente estáveis (Fennema et al., 2010).

Como pode ser observado nas Tabelas 1, 2 e 3 o teor de cinzas de todas as cultivares diminuíram significativamente ($p< 0,05$) após o processo de germinação, corroborando os resultados encontrados por Lima et al. (2019) estudando a germinação da semente de jaca, por Mares et al. (2017) na germinação de semente de gergelim branco e por Hahm et al. (2009) com a germinação de sementes de gergelim. Entretanto, a temperatura de secagem não interferiu no teor de cinzas das amostras, não havendo diferença estatística entre as amostras secas de 50 a 70º C.

A acidez das amostras apresentou comportamento diferente entre as cultivares. A germinação demonstrou pouca influência na acidez das cultivares BR1 e L7 vermelho (Tabelas 1 e 3), com uma elevação estatisticamente significativa, enquanto o pH apresentou alguma redução, demonstrando que as amostras se tornaram mais ácidas. Entretanto, o processo germinativo não apresentou influência na acidez total titulável da cultivar BRS havana (Tabela 2). O mesmo comportamento foi observado por Leite et al. (2016) após o processo germinativo das sementes de sorgo.

A secagem aumentou a acidez em relação às amostras in natura e germinadas úmidas, enquanto o aumento da temperatura de secagem acarretou alguma tendência de aumento de acidez nas amostras, o que é visto de forma clara na cv. BR1. Durante o processo de secagem pode ocorrer a degradação ou a concentração dos ácidos orgânicos,

como a acidez total titulável abrange todos os ácidos presentes no produto, quaisquer alterações nos ácidos constituintes podem interferir nos resultados (Melo et al., 2015; SANTOS, et al., 2019).

O pH das amostras não diferiu entre as temperaturas de secagem, para todas as cultivares analisadas. Todos os valores se mantiveram na faixa de 6,00-7,00, abrangendo os resultados de pH de 6,70 obtidos por Albuquerque et al. (2015) analisando o "leite do amendoim".

Tabela 2 – Caracterização físico-química (em base seca) das amostras de amendoim in natura, broto de amendoim e farinha de brotos de amendoim secos nas temperaturas de 70, 60 e 50 °C da cultivar BRS havana

Análise	BRS havana									
	in natura		48 h		50 °C		60 °C		70 ºC	
Umidade (%)	6,25 ± 0,11	b	68,79 ± 0,84	a	4,11 ± 0,05	c	4,04 ± 0,06	c	3,72 ± 0,06	c
Aw	0,591 ± 0,00	b	0,796 ± 0,00	a	0,412 ± 0,00	c	0,375 ± 0,00	d	0,333 ± 0,00	e
Cinzas (%)	2,56 ± 0,4	b	2,11 ± 0,02	c	2,70 ± 0,04	a	2,70 ± 0,03	a	2,67 ± 0,04	a
Acidez (%)	0,32 ± 0,00	c	0,32 ± 0,00	c	0,50 ± 0,00	b	0,52 ± 0,01	a	0,52 ± 0,00	a
pH	6,84 ± 0,01		6,88 ± 0,01		6,75 ± 0,01		6,75 ± 0,01		6,75 ± 0,01	
Lipídios (%)	50,30 ± 0,84	a	30,77 ± 0,22	c	47,83 ± 0,20	b	49,80 ± 0,34	a	50,69 ± 0,98	a
Proteínas (%)	29,76 ± 0,52	b	26,07 ± 0,18	c	38,46 ± 0,56	a	39,37 ± 0,26	a	39,01 ± 0,70	a
Ácido ascórbico (mg/100 g)	5,37 ± 0,13	c	4,49 ± 0,12	d	10,83 ± 0,12	a	10,48 ± 0,05	b	10,43 ± 0,11	b
Açúcares totais (mg/100 g)	5,89 ± 0,00	e	8,60 ± 0,00	a	7,29 ± 0,02	d	7,79 ± 0,01	c	8,28 ± 0,01	b
Açúcares redutores (mg/100 g)	5,09 ± 0,02	e	6,52 ± 0,01	a	5,57 ± 0,01	d	5,76 ± 0,01	c	5,95 ± 0,01	b
Amido (%)	17,88 ± 0,02	a	6,09 ± 0,02	d	9,42 ± 0,05	c	9,45 ± 0,09	bc	9,58 ± 0,00	b

As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na mesma linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leqslant 0,05$).

O teor de lipídios de todas as cultivares de amendoim foi reduzido em cerca de 40 % após o processo de germinação, conforme Tabelas 1, 2 e 3. Proteínas, lipídios e outras substâncias macromoleculares insolúveis são hidrolisadas em substâncias moleculares menores, como aminoácidos solúveis para biossíntese e geração de energia (YU et al., 2016; Hahm et al., 2009; Tan-Wilson; Wilson, 2012). Os resultados corroboram outros trabalhos, como Rao et al. (2018) e Li et al. (2014), que observaram decréscimo de lipídeos durante a germinação do amendoim.

Após a secagem as farinhas apresentaram um teor de lipídios elevado, acima de 42%, valores estatisticamente maiores do que os brotos antes da secagem e com uma tendência de aumento com a elevação da temperatura. Akinoso et al. (2011) indicaram que o processamento térmico causa quebra de células oleosas em oleaginosas, coagulação da proteína, ajuste do teor de umidade ao valor ideal para extração e redução da viscosidade do óleo, resultando no aumento do teor de óleo e facilitando o fluxo desses.

O comportamento apresentado pelas amostras após o processo de secagem também foi observado por outros autores, Aljuhaimi e Özcan (2018), observaram um aumento de 15% no teor de lipídios de amendoim germinado, após o processo de secagem; Amare et al. (2016) observaram um aumento de 12% no teor de lipídios em após submeter grãos de amaranto (*Amaranthus caudatus*) a alta temperatura, e associaram esse aumento a redução da fração não lipídica do grão após o processamento térmico. Paucar-Menacho et al. (2018) observaram aumentos de 16 % e 5% no teor de lipídios em grãos de amaranto (*A. caudatus*) e de quinoa (*Chenopodium quinoa*) submetidos a processamento térmico; Giamy (1993) observou um aumento de 22% no teor de lipídios em peso seco do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) germinado após secagem; e Lin et al. (2016) também observaram que o teor de lipídios de amêndoas (*Prunus dulcis*) aumentou com a temperatura e duração da torrefação.

A germinação no período de 48 h causou uma redução no teor de proteínas das amostras de todas as cultivares. De acordo com Rao et al. (2018) e Laila e Murtaza (2014) as sementes das plantas degradam macromoléculas armazenadas, como carboidratos, proteínas e lipídios durante a germinação, dando origem a substâncias moleculares menores, que são utilizadas para produzir a energia necessária para uma germinação bem-sucedida sob certas condições ambientais de crescimento, incluindo os parâmetros de temperatura, água e oxigênio. Comportamento semelhante foi observado em brotos de amendoim por Adhikari et al. (2018) e em brotos de feijão-mungo (*Vigna radiata*) por Ebert et al. (2017).

Os teores de proteína das farinhas de broto de amendoim não apresentaram variações dependentes das temperaturas de secagem, chegando a não diferir estatisticamente entre 50, 60 e 70º C, como na cultivar BRS havana, Tabela 2.

Em todas as cultivares, as farinhas apresentaram valores de proteína maiores estatisticamente do que os brotos antes da secagem. O mesmo comportamento foi observado por Kavitra e Parimalavalli (2014) após a secagem de trigo, milho e feijão mungo (*Vigna radiata*) e por Paucar-Menacho et al. (2018) após o processamento térmico de grãos de amaranto (*A. caudatus*). De acordo com Savage et al. (1995) e Mubarak (2005) o valor nutricional das proteínas nativas é aprimorado por tratamentos térmicos à medida que são convertidos em formas desnaturadas mais digestivas, além de resultar na inativação de enzimas lábeis ao calor, como lipoxigenase, inibidor de tripsina e urease.

As farinhas de broto de amendoim apresentaram teores de proteína elevados, similares aos encontrados por Lazo-Velez et al. (2017) em farinha de broto de soja, e superiores aos encontrados por Abdallah et al. (2017) para farinha de broto de fava (*Vicia faba*) com 48 h de germinação.

Conforme Tabelas 1, 2 e 3 houve uma redução no teor de ácido ascórbico dos brotos, quando comparados às sementes de amendoim in natura. Há pouca informação na literatura sobre o efeito da germinação no conteúdo de ácido ascórbico. Li et al. (2014) estudando a germinação do amendoim por 5 dias observaram o mesmo comportamento, corroborando os resultados obtidos por Leite et al. (2019) na germinação das sementes

de jaca, entretanto, Bains et al. (2014) relataram que a germinação aumentou significativamente o ácido ascórbico no feijão mungo (*Vigna radiata*), grão de bico e feijão caupi (*V. unguiculata* L. Walp).

O teor de ácido ascórbico das amostras aumentou após a secagem para todas as cultivares estudadas, com a concentração desse composto através da desidratação. De acordo com Dorta et al. (2012) este comportamento pode estar associado a inativação de enzimas responsáveis pela degradação de compostos como o ácido ascórbico. O comportamento observado nesse estudo corrobora os resultados encontrados por diversos autores em diferentes produtos agrícolas. Coelho et al. (2019) observaram que teor de ácido ascórbico da manga dobrou após desidratação por secagem convectiva e Ozgur et al. (2011) afirmaram que o teor de ácido ascórbico de pimentas secas foi maior que o das amostras in natura, aumentando de 64 para 88 mg/100g de matéria seca em pimentas verdes, e de 87 para 108 mg/100 g de matéria seca em pimentas vermelhas, os autores associam o aumento do teor de ácido ascórbico ao aumento de matéria seca.

Os açúcares totais e redutores aumentaram com o processo germinativo. Laila e Murtaza (2014) alegam que durante a germinação, os polissacarídeos e proteínas armazenados nas sementes são divididos em componentes menores para fornecer energia e sintetizar substratos para os estágios iniciais da germinação das sementes, resultando em um acúmulo de aminoácidos livres e carboidratos solúveis, incluindo sacarose e glicose, o que justifica o aumento dos açúcares após as 48 horas de germinação.

Como se observa nas Tabelas 1, 2 e 3, com a secagem das amostras os açúcares totais e redutores reduziram-se estatisticamente quando comparados aos brotos antes da secagem. Mota et al. (2010) afirma que a degradação dos açúcares redutores possivelmente está relacionada com as reações de escurecimento de Maillard durante o processo de secagem.

Ainda é possível observar uma tendência de elevação proporcional ao aumento da temperatura, diferindo estatisticamente entre os experimentos. A taxa de degradação devido à reação de Maillard geralmente aumenta com o aumento do teor de umidade (Mensink, et al., 2017), o que explicaria as diferenças, visto que nas temperaturas mais baixas se obteve menores umidades.

Com o processo de germinação, houve reduções no teor de amido dos brotos de todas as cultivares, como mostram os dados das Tabelas 1, 2 e 3. De acordo com Yodpitak et al. (2019) e Ghumman et al. (2016) esse comportamento se dá porque durante a germinação ocorre o aumento da atividade da α-amilase, entre outras enzimas hidrolíticas que são ativadas para decompor moléculas grandes, como amido, polissacarídeos não-amiláceose proteínas, para respiração da semente. Os resultados desse estudo corroboram os encontrados por Leite et al. (2019) na germinação das sementes de jaca e por Zhao et al. (2018) em seis espécies de prado selvagem (*Chloris virgata*, *Kochia scoparia*, *Lespedeza hedysaroides*, *Astragalus adsurgens*, *Leonurus artemisia* e *Dracocephalum moldávica*).

Houve uma tendência de aumento no teor de amido das farinhas com o aumento da temperatura de secagem. O mesmo comportamento foi observado por Leite et al. (2019) na secagem de sementes de jaca germinadas e por Chisté e Cohen (2011) na secagem de farinha de mandioca fermentada.

Chen et al. (2017) relaciona o aumento no teor de amido com o aumento no teor de amilose com o processo de secagem. Correia et al. (2009) e Matherwson (1998) afirmam que esse aumento pode ser devido ao aumento combinado da ação de enzimas durante o processo de secagem, principalmente da α-amilase, β-amilase, glucoamilase e pululanase., que são ativas nas temperaturas de secagem testadas.

Tabela 3 – Caracterização físico-química (em base seca) das amostras de amendoim in natura, broto de amendoim e farinha de brotos de amendoim secos nas temperaturas de 70, 60 e 50 °C da cultivar L7 vermelho

Análise	L7 vermelho									
	in natura		48 h		50 °C		60 °C		70 ºC	
Umidade (%)	6,57 ± 0,29	b	52,32 ± 0,38	a	3,44 ± 0,08	c	3,16 ± 0,05	c	3,15 ± 0,06	c
Aw	0,579 ± 0,00	b	0,834 ± 0,00	a	0,364 ± 0,00	c	0,334 ± 0,00	d	0,204 ± 0,00	e
Cinzas (%)	2,69 ± 0,05	a	2,16 ± 0,02	c	2,39 ± 0,03	b	2,39 ± 0,05	b	2,36 ± 0,04	b
Acidez (%)	0,27 ± 0,00	d	0,29 ± 0,00	c	0,31 ± 0,00	b	0,32 ± 0,00	a	0,32 ± 0,01	a
pH	6,89 ± 0,01		6,87 ± 0,01		6,99 ± 0,01		6,98 ± 0,01		6,98 ± 0,01	
Lipídios (%)	53,05 ± 0,58	a	33,29 ± 0,44	c	47,29 ± 0,49	b	51,83 ± 0,29	a	52,18 ± 0,11	a
Proteínas (%)	28,28 ± 0,46	c	21,42 ± 0,17	d	36,62 ± 0,34	b	38,53 ± 0,21	a	37,40 ± 0,54	b
Ácido ascórbico (mg/100 g)	5,52 ± 0,08	b	2,70 ± 0,06	c	7,77 ± 0,10	a	7,84 ± 0,14	a	7,83 ± 0,05	a
Açúcares totais (mg/100 g)	4,43 ± 0,00	b	7,77 ± 0,00	a	7,36 ± 0,00	e	7,48 ± 0,02	d	9,14 ± 0,03	c
Açúcares redutores (mg/100 g)	5,13 ± 0,01	b	6,63 ± 0,00	a	4,22 ± 0,02	e	4,39 ± 0,01	d	4,92 ± 0,01	c
Amido (%)	21,37 ± 0,05	a	7,24 ± 0,03	d	9,43 ± 0,05	c	9,53 ± 0,05	bc	9,64 ± 0,00	b

As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na mesma linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leqslant 0,05$).

Nas Tabelas 4, 5 e 6 apresenta-se os valores dos compostos bioativos das amostras de sementes, brotos e brotos secos de amendoins das três cultivares estudadas.

Em relação ao teor de compostos fenólicos, todas as cultivares apresentaram comportamentos semelhante no período de germinação estudado, com um aumento no teor de fenólicos após a germinação. Vários estudos demonstram que brotos de amendoim constituem um produto funcional, representando uma fonte alimentar abundante de substâncias fenólicas (Yu et al., 2016; Limmongkon et al., 2017; Wang et al., 2017).

Com a secagem as farinhas tiveram os teores de fenólicos reduzidos quando comparados aos dos brotos, o que se justifica tendo em vista que os compostos fenólicos são termossensíveis. O mesmo comportamento foi observado por Castro et al. (2017) na

obtenção de farinha de taro (*Colocasia esculenta*).

Também se observa que o teor de fenólicos das farinhas aumentou com o aumento de temperatura. O mesmo comportamento foi observado por Bagheri et al. (2017) durante a secagem de grãos de amendoim. De acordo com Bagheri et al. (2017) e Yanagimoto et al. (2002) esse aumento pode estar relacionado ao aumento dos produtos da reação Maillard durante a secagem, pois os produtos dessa reação com estrutura do tipo fenólico e derivados de Maillard têm componentes como pirróis e furanos, o que pode contribuir para o aumento dos compostos fenólicos totais com o aumento da temperatura.

O tempo de germinação de 48 h implicou no aumento do teor de taninos em todas as cultivares. Sabe-se que os taninos, embora possam trazer benefícios à saúde em dietas especiais voltadas para a perda de peso, se ligam a proteínas, carboidratos e outros nutrientes, limitando o valor nutricional dos alimentos e diminuindo sua digestibilidade, sendo considerados assim como fatores antinutricionais (Barros et al., 2012; Oliveira et al., 2017).

Li et al. (2014) observaram o mesmo comportamento das cultivares durante a germinação de amendoim, afirmando ainda que o aumento dos taninos pode levar ao aumento da capacidade antioxidante dos brotos de amendoim.

Das Tabelas 4, 5 e 6 é possível observar que o processo de secagem reduziu significativamente o teor de taninos das amostras, gerando produtos com teores inferiores ao germinado 48 horas. Essa redução pode ser atribuída a hidrolise enzimática dos taninos, causada pelas enzimas degradativas como as polifenoloxidases que não foram inativadas durante o processo de secagem. Ejigui et al. (2005) obteve uma redução de 100 % dos taninos condensados do amendoim e de feijão vermelho pequeno, após o descascamento, germinação e secagem das sementes, Alonso et al. (2000) observaram uma redução dos taninos após a germinação e extrusão de sementes de *Vicia faba* e *Phaseolus vulgaris*.

Tabela 4 – Compostos bioativos (mg/100 g – base seca) das amostras de amendoim in natura, broto de amendoim e farinha de brotos de amendoim secos nas temperaturas de 70, 60 e 50 C da cultivar BR1

Análise (mg/100g - base seca)	BR1									
	in natura		48 h		50 °C		60 °C		70 ºC	
Fenólicos totais	933,07 ± 0,74	b	1102,66 ± 1,26	a	663,29 ± 0,78	e	703,66 ± 0,00	d	724,42 ± 0,78	c
Taninos totais	915,24 ± 0,72	b	1081,35 ± 0,72	a	779,79 ± 0,78	e	828,92 ± 0,84	d	849,75 ± 0,83	c
Antocianinas	0,55 ± 0,00	e	8,00 ± 0,01	d	13,29 ± 0,01	a	11,16 ± 0,01	b	9,41 ± 0,02	c
Flavonoides	6,36 ± 0,01	e	16,12 ± 0,02	d	23,40 ± 0,02	a	20,29 ± 0,03	b	19,21 ± 0,02	c
Carotenoides	0,04 ± 0,00	b	0,18 ± 0,00	a	0,01 ± 0,00	d	0,01 ± 0,00	e	0,02 ± 0,00	c

As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na mesma linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leqslant 0,05$).

As antocianinas e flavonoides foram influenciados significativamente pelo processo germinativo. Após as 48 h de germinação os brotos de todas as cultivares apresentaram teores de antocianinas e flavonoides superiores aos das sementes in natura (Tabelas 1, 2 e 3). Compostos bioativos, como as antocianinas e flavonoides, apresentam efeitos antioxidantes, atuando como sequestradores de radicais livres, e estão frequentemente associados à prevenção de doenças cardiovasculares (Braga et al., 2018). Os resultados são consistentes com o observado por Zilic et al. (2014) após a germinação do trigo e por Li et al. (2014) após a germinação do amendoim, ambos relatando aumentos significativos nos teores de flavonoides das sementes germinadas.

O aumento da temperatura de secagem reduziu significativamente os teores de antocianinas e flavonoides das amostras, o que pode estar relacionado a termossensibilidade desses compostos. O mesmo comportamento foi observado por Jogihalli et al. (2017) na secagem de grão de bico. Os flavonoides são compostos fenólicos suscetíveis ao calor, explicando porque as temperaturas mais altas durante a secagem conduziram à diminuição desses compostos (Zhang et al., 2010; Zhu et al., 2010).

Tabela 5 – Compostos bioativos (mg/100 g - base seca) das amostras de amendoim in natura, broto de amendoim e farinha de brotos de amendoim secos nas temperaturas de 70, 60 e 50 C da cultivar BRS havana

Análise (mg/100 g - base seca)	BRS havana									
	in natura		48 h		50 °C		60 °C		70 ºC	
Fenólicos totais	930,31 ± 0,13	b	1069,53 ± 0,86	a	728,17 ± 0,76	e	801,28 ± 0,79	d	822,34 ± 0,75	c
Taninos totais	912,56 ± 0,69	d	1050,58 ± 0,73	a	848,76 ± 0,80	e	930,42 ± 0,84	c	949,42 ± 0,80	b
Antocianinas	0,47 ± 0,01	e	11,18 ± 0,00	a	5,31 ± 0,01	b	4,99 ± 0,01	c	4,57 ± 0,06	d
Flavonoides	8,81 ± 0,01	d	15,36 ± 0,01	a	11,32 ± 0,03	b	11,10 ± 0,01	c	8,17 ± 0,01	e
Carotenoides	0,01 ± 0,01	b	0,11 ± 0,00	a	0,01 ± 0,00	e	0,01 ± 0,00	d	0,01 ± 0,00	c

A germinação das sementes de amendoim causou um aumento no teor de carotenoides das amostras de todas as cultivares, conforme as Tabelas 4, 5 e 6. Lim et al. (2012) observaram o mesmo comportamento em brotos de trigo. Entretanto, após o processo de secagem as amostras de farinha de broto de todas as cultivares apresentaram baixos teores, comportamento contrário ao observado por Multari et al. (2018) durante a secagem de sementes de quinoa. De acordo com Shen et al. (2015), a severidade do processo de secagem pode levar a processos de degradação dos carotenoides, como a oxidação.

Tabela 6 – Compostos bioativos (mg/100 g – base seca) das amostras de amendoim in natura, broto de amendoim e farinha de brotos de amendoim secos nas temperaturas de 70, 60 e 50 C da cultivar L7 vermelho

Análise (mg/100g - base seca)	L7 vermelho									
	in natura		48 h		50 °C		60 °C		70 ºC	
Fenólicos totais	933,63 ± 0,00	b	1027,24 ± 0,47	a	590,62 ± 0,77	e	674,88 ± 0,76	d	695,72 ± 0,78	c
Taninos totais	915,83 ± 0,00	b	1008,14 ± 0,69	a	706,09 ± 0,81	e	794,21 ± 0,82	d	817,76 ± 0,80	c
Antocianinas	0,40 ± 0,00	d	6,99 ± 0,01	a	7,01 ± 0,01	a	6,56 ± 0,01	b	5,03 ± 0,01	c
Flavonoides	6,44 ± 0,01	e	12,85 ± 0,01	a	12,60 ± 0,01	b	12,18 ± 0,01	c	11,26 ± 0,01	d
Carotenoides	0,07 ± 0,00	b	0,20 ± 0,00	a	0,01 ± 0,00	c	0,02 ± 0,00	c	0,02 ± 0,00	c

4. CONCLUSÕES

As cultivares de amendoim BR1, BRS Havana e L7 Vermelho tiveram as composições afetadas pela germinação e pela secagem e apresentaram propriedades tecnológicas semelhantes após secagens em temperaturas entre 50 e 70º C;

O processo de germinação reduziu os teores de lipídios, proteínas, ácido ascórbico e amido, e aumentou o teor de açúcares totais. O conteúdo de fenólicos totais, antocianinas, flavonoides e carotenoides aumentou após a germinação.

A secagem aumentou os teores de lipídios, proteínas, ácido ascórbico e amido em relação ao material germinado; reduziu o teor de carotenoides, de fenólicos totais, e de taninos, e afetou os teores de antocianinas e flavonoides de forma diferente, conforme a cultivar.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossa gratidão ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio. Agradecemos também à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) pela assistência técnica.

REFERÊNCIAS

[1] ABDALLAH, M. M. F.; GHANEM, K. M.; EL-NAGA, M. A.; EL-SHESHTAWY, A. A.; EL-GHANY, T. A. Effect of wheat flour supplemented with some seed sprouts flours on cake qualities. **Environmental Science**, v. 12, n. 3, p. 113-130, 2017.

[2] ADHIKARI, B.; DHUNGANA, S. K.; ALI, M. W.; ADHIKARI, A.; KIM, I. D.; SHIN, D. H. Resveratrol, total phenolic and flavonoid contents, and antioxidant potential of seeds and sprouts of Korean peanuts. **Food science and biotechnology**, v. 27, n. 5, p. 1275-1284, 2018.

[3] AKINOSO, R.; ABOABA, S. A.; OLAJIDE, W. O. Optimization of roasting temperature and time during oil extraction from orange (*Citrus sinensis*) seeds: A response surface methodology approach. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development**, v. 11, n. 6, 2011.

[4] ALBUQUERQUE, E. M. B.; ALMEIDA, F. D. A. C.; GOMES, J. P.; ALVES, N. M. C.; SILVA, W. P.

Production of “peanut milk” based beverages enriched with umbu and guava pulps**. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 14, n. 1, p. 61-67, 2015.

[5] ALJUHAIMI, F.; ÖZCAN, M. M. Influence of oven and microwave roasting on bioproperties, phenolic compounds, fatty acid composition, and mineral contents of nongerminated peanut and germinated peanut kernel and oils**. Journal of Food Processing and Preservation**, v. 42, n. 2, p. e13462, 2018.

[6] ALONSO, R.; AGUIRRE, A.; MARZO, F. Effects of extrusion and traditional processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch in faba and kidney beans. **Food chemistry**, v. 68, n. 2, p. 159-165, 2000.

[7] AMARE, E.; MOUQUET-RIVIER, C.; ROCHETTE, I.; ADISH, A.; HAKI, G. D. Effect of popping and fermentation on proximate composition, minerals and absorption inhibitors, and mineral bioavailability of Amaranthus caudatus grain cultivated in Ethiopia. **Journal of food science and technology**, v. 53, n. 7, p. 2987-2994, 2016.

[8] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry.** Washington: AOAC, 2009. 1115p.

[9] BAGHERI, H.; KASHANINEJAD, M.; ZIAIIFAR, A. M.; AALAMI, M. Novel hybridized infrared-hot air method for roasting of peanut kernels. **Innovative food science & emerging technologies**, v. 37, p. 106-114, 2016.

[10] BAINS, K.; UPPAL, V.; KAUR, H. Optimization of germination time and heat treatments for enhanced availability of minerals from leguminous sprouts.**Journal of food science and technology**, v. 51, n. 5, p. 1016-1020, 2014.

[11] BARROS, F.; AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Interaction of tannins and other sorghum phenolic compounds with starch and effects on in vitro starch digestibility. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 60, n. 46, p. 11609-11617, 2012.

[12] BHUSARI, S. N.; MUZAFFAR, K.; KUMAR, P. Effect of carrier agents on physical and microstructural properties of spray dried tamarind pulp powder. **Powder Technology**, v. 266, n. 1, p. 354-364, 2014.

[13] BLIGH, E.G.; DYER, W.J. **Biochemical. Physiology**. 1959, 37, 911.

[14] BRAGA, A. R. C.; MESQUITA, L. M. DE S.; MARTINS, P. L. G.; HABU, S.; ROSSO, V. V. A fermentação com *Lactobacillus* da polpa de Jussara leva à conversão enzimática de antocianinas, aumentando a atividade antioxidante. **Jornal de Composição e Análise de Alimentos**, v. 69, p. 162-170, 2018.

[15] BUENO, D. B.; SILVA JÚNIOR, S. I.; CHIAROTTO, A. B. S.; CARDOSO, T. M.; NETO, J. A.; REIS, G. C. L.; TAVANO, O. L. The germination of soybeans increases the water-soluble components and could generate innovations in soy-based foods. **LWT**, v. 117, p. 108599, 2020.

[16] CARVALHO, H. H.; JOMG, E. V.; BELLÓ, R.M. **Alimentos: métodos físicos e químicos de análises.** Porto Alegre: Universidade/UFRGS, n.1, p.180, 2002.

[17] CASTRO, D. S. D.; OLIVEIRA, T. K. B. D.; LEMOS, D. M.; ROCHA, A. P. T.; ALMEIDA, R. D. Efeito da temperatura sobre a composição físico-química e compostos bioativos de farinha de taro obtida em leito de jorro. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, 2017.

[18] CHEN, X.; LI, X.; MAO, X.; HUANG, H.; WANG, T.; QU, Z.; GAO, W. Effects of drying processes on starch-related physicochemical properties, bioactive components and antioxidant properties of yam flours. **Food chemistry**, v. 224, p. 224-232, 2017.

[19] CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O. Influence of fermentation on the quality of fermented cassava flour. **Acta Amazonica**, v. 41, n. 2, p. 279-284, 2011.

[20] COELHO, B. E. S.; NASCIMENTO, M. M.; CARVALHO, I. R. B.; SOUSA, K. D. S. M., MACHADO, N. S.; NETO, A. F. Curva de secagem solar e avaliação físico-química da manga" Espada". **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 4, n. 3, p. 187-194, 2019.

[21] CORREIA, P.; LEITÃO, A.; BEIRÃO-DA-COSTA, M. L. The effect of drying temperatures on morphological and chemical properties of dried chestnuts flours. **Journal of Food Engineering**, v. 90, n. 3, p. 325-332, 2009.

[22] DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de alimentos de Fennema**. Artmed Editora, 2018.

[23] DORTA, E.; LOBO, M. G.; GONZÁLEZ, M. Using drying treatments to stabilise mango peel and seed: Effect on antioxidant activity. **LWT-Food Science and Technology**, v. 45, n. 2, p. 261-268, 2012.

[24] EBERT, A. W.; CHANG, C. H.; YAN, M. R.; YANG, R. Y. Nutritional composition of mungbean and soybean sprouts compared to their adult growth stage. **Food chemistry**, v. 237, p. 15-22, 2017.

[25] EJIGUI, J.; SAVOIE, L.; MARIN, J.; DESROSIERS, T. Influence of traditional processing methods on the nutritional composition and antinutritional factors of red peanuts (*Arachis hypogea*) and small red kidney beans (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Biological Science**, v. 5, n. 5, p. 597-605, 2005.

[26] FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de Alimentos de Fennema**. - 4 Ed. Artmed, Porto Alegre – RS, 2010. 900p.

[27] FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (Ed.). **Anthocyanins as food colors.** New York: Academic Press, p. 181-207, 1982.

[28] FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia de alimentos**. 1ed. São Paulo: Atheneu, 2005.

[29] GAN, R. Y.; LUI, W. Y.; WU, K.; CHAN, C. L.; DAI, S. H.; SUI, Z. Q.; CORKE, H. Bioactive compounds and bioactivities of germinated edible seeds and sprouts: An updated review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 59, p. 1-14, 2017.

[30] GHUMMAN, A; KAUR, A; SINGH, N. Impact of germination on flour, protein and starch characteristics of lentil (*Lens culinari*) and horsegram (*Macrotyloma uniflorum* L.) lines. **LWT-Food Science and Technology**, v. 65, p. 137-144, 2016.

[31] GIAMI, S. Y. Effect of processing on the proximate composition and functional properties of cowpea (Vigna unguiculata) flour. **Food chemistry**, v. 47, n. 2, p. 153-158, 1993.

[32] HAHM, T.; PARK, S.; LO, Y. M. Effects of germination on chemical composition and functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 4, p. 1643-1647, 2009.

[33] HORUZ, E.; BOZKURT, H.; KARATAŞ, H.; MASKAN, M. Simultaneous application of microwave energy and hot air to whole drying process of apple slices: drying kinetics, modeling, temperature profile and energy aspect. **Heat and Mass Transfer**, v. 54, n. 2, p. 425-436, 2018.

[34] JAN, K. N.; PANESAR, P. S.; RANA, J. C.; SINGH, S. Structural, thermal and rheological properties of starches isolated from Indian quinoa varieties. **International journal of biological macromolecules**, v. 102, p. 315-322, 2017.

[35] JAN, R.; SAXENA, D. C.; SINGH, S. Analyzing the effect of optimization conditions of germination on the antioxidant activity, total phenolics, and antinutritional factors of Chenopodium (*Chenopodium album*). **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 11, n. 1, p. 256-264, 2017.

[36] JIMENEZ, M. D.; LOBO, M.; SAMMÁN, N. 12th IFDC 2017 Special Issue–Influence of germination of quinoa (*Chenopodium quinoa*) and amaranth (*Amaranthus*) grains on nutritional and techno-functional properties of their flours. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 84, p. 103290, 2019.

[37] JOGIHALLI, P.; SINGH, L.; SHARANAGAT, V. S. Effect of microwave roasting parameters on functional and antioxidant properties of chickpea (*Cicer arietinum*). **LWT-Food Science and Technology**, v. 79, p. 223-233, 2017.

[38] KANENSI, O. J.; OCHOLA, S.; GIKONYO, N. K.; MAKOKHA, A. Optimization of the period of steeping and germination for amaranth grain. **Journal of Agricultural and Food Technology**, v. 1, p. 101-105, 2011.

[39] KAVITHA, S.; PARIMALAVALLI, R. Effect of processing methods on proximate composition of cereal and legume flours. **Journal of Human Nutrition and Food Science**, v. 2, n. 4, p. 1051, 2014.

[40] LAILA, O.; MURTAZA, I. Seed sprouting: a way to health promoting treasure. **International Journal of current research**, v. 6, p. 70-74, 2014.

[41] LAZO-VELEZ, M. A.; MATA-RAMÍREZ, D.; SERNA-SALDIVAR, S. O.; CHUCK-HERNANDEZ, C. Functional Effects of Soybean Concentrates Obtained from Sprouted Seeds Enriched in Selenium in Wheat Breadmaking. **Cereal chemistry**, v. 94, n. 4, p. 740-745, 2017.

[42] LEITE, D. D. F.; CAVALCANTI, M. T.; SILVA, A. S.; GONÇALVES, M. C.; ALMEIDA, M. C. B. M. Propriedades funcionais da semente do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in natura e germinado.

Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 11, n. 1, p. 07-11, 2016.

[43] LEITE, D.; QUEIROZ, A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; CAMPOS, A.; SANTOS, D.; LIMA, T. Germination Impact in the Nutrition and Technological Properties of Jackfruit Seeds. **Journal of Agricultural Studies.** v. 8, n. 1, p. 79-100, 2019.

[44] LI, Y. C.; QIAN, H.; SUN, X. L.; CUI, Y.; WANG, H. Y.; DU, C.; XIA, X. H. The effects of germination on chemical composition of peanut seed. **Food Science and Technology Research**, v. 20, n. 4, p. 883-889, 2014.

[45] LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: Methods in enzymology. **Academic Press**, 1987. p. 350-382.

[46] LIM, J. H.; PARK, K. J.; KIM, B. K.; JEONG, J. W.; KIM, H. J. Effect of salinity stress on phenolic compounds and carotenoids in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* M.) sprout. **Food Chemistry**, v. 135, n. 3, p. 1065-1070, 2012.

[47] LIMMONGKON, A.; JANHOM, P.; AMTHONG, A.; KAWPANUK, M.; NOPPRANG, P.; POOHADSUAN, J.; BOONSONG, T. Antioxidant activity, total phenolic, and resveratrol content in five cultivars of peanut sprouts. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 7, n. 4, p. 332-338, 2017.

[48] LIMMONGKON, A.; NOPPRANG, P.; CHAIKEANDEE, P.; SOMBOON, T.; WONGSHAYA, P.; PILAISANGSUREE, V. LC-MS/MS profiles and interrelationships between the anti-inflammatory activity, total phenolic content and antioxidant potential of Kalasin 2 cultivar peanut sprout crude extract. **Food chemistry**, v. 239, p. 569-578, 2018.

[49] LIMMONGKON, A.; PANKAM, J., SOMBOON, T.; WONGSHAYA, P.; NOPPRANG, P. Evaluation of the DNA damage protective activity of the germinated peanut (*Arachis hypogaea*) in relation to antioxidant and anti-inflammatory activity. **LWT**, v. 101, p. 259-268, 2019.

[50] LIN, J. T.; LIU, S. C.; HU, C. C.; SHYU, Y. S.; HSU, C. Y.; YANG, D. J. Effects of roasting temperature and duration on fatty acid composition, phenolic composition, Maillard reaction degree and antioxidant attribute of almond (Prunus dulcis) kernel. **Food chemistry**, v. 190, p. 520-528, 2016.

[51] LIN, J.Y.; TANG, C.Y. Determination of total phenolic and flavonoid contents in selected fruits and vegetables, as well as their stimulatory effects on mouse splenocyte proliferation. Food Chemistry, v.101, p.140-147, 2007.

[52] MAISONT, S.; NARKRUGSA, W. The effect of germination on GABA content, chemical composition, total phenolics content and antioxidant capacity of thai waxy paddy rice. **Kasetsart Journal**, v. 44, n. 5, p. 912-923, 2010.

[53] MARES, L. F. M.; PASSOS, M. C.; MENEZES, C. C. Interference of germination time on chemical composition and antioxidant capacity of white sesame (*Sesamum Indicum*). **Food Science and Technology**, v. 38, p. 248-253, 2018.

[54] MARTINEZ, A. P. C.; MARTINEZ, P. C. C.; SOUZA, M. C.; BRAZACA, S. G. C. Alterações químicas em grãos de soja com a germinação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 31, n. 1, p. 23-30, 2011.

[55] MATHERWSON, P. R. **Enzymes**. Eagan Press, St. Paul, MN, USA, 1998.

[56] MELO, J. C. S.; PEREIRA, E. D.; OLIVEIRA, K. P.; COSTA, C. H. C.; FEITOSA, R. M. Study smell pepper drying kinetics in different temperature. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.10, p. 9-14, 2015.

[57] MENSINK, M. A.; FRIJLINK, H. W.; MAARSCHALK, K. V. D. V.; HINRICHS, W. L. How sugars protect proteins in the solid state and during drying (review): mechanisms of stabilization in relation to stress conditions. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**, v. 114, p. 288-295, 2017.

[58] MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 3, p. 426-428, 1959.

[59] MOTA, C. L.; LUCIANO, C.; DIAS, A.; BARROCA, M. J.; GUINÉ, R. Convective drying of onion: kinetics and nutritional evaluation. **Food Bioprod. Process,** v. 88, p. 115-123, 2010.

[60] MUBARAK, A. E. Nutritional composition and antinutritional factors of mungbean seeds (Phaseolus aureus) as affected by some home traditional processes. **Food Chemistry**, v. 89, p. 489-495, 2005.

[61] MULTARI, S.; MARSOL-VALL, A.; KESKITALO, M.; YANG, B.; SUOMELA, J. P. Effects of different drying temperatures on the content of phenolic compounds and carotenoids in quinoa seeds (*Chenopodium quinoa*) from Finland. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 72, p. 75-82, 2018.

[62] NUNES, J. S.; LINS, A. D. F.; GOMES, J. P.; SILVA, W. D.; SILVA, F. D. Influência da temperatura de secagem nas propriedades físico-químicas de resíduos abacaxi. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 1, p. 41-46, 2017.

[63] OLIVEIRA, K. G.; QUEIROZ, V. A. V.; ALMEIDA CARLOS, L.; MORAIS CARDOSO, L.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M.; ANUNCIAÇÃO, P. C.; BARROS, F. Effect of the storage time and temperature on phenolic compounds of sorghum grain and flour. **Food chemistry**, v. 216, p. 390-398, 2017.

[64] OLIVEIRA, M. E. C.; FERREIRA, A. F.; PODEROSO, J. M.; LESSA, A. C. V.; ARAÚJO, E. D.; CARNELOSSI, M. A. G.; RIBEIRO, G. T. Atividade de Água (Aw) em amostras de pólen apícola desidratado e mel do estado de Sergipe. **Revista da Fapese,** v. 4, n. 2, p. 27-36, 2008.

[65] OMARY, M. B.; FONG, C.; ROTHSCHILD, J.; FINNEY, P. Effects of germination on the nutritional profile of glutenfree cereals and pseudocereals: a review. **Cereal Chemistry**, v. 89, n. 1, p. 1-14, 2012.

[66] OZGUR, M.; OZCAN, T.; AKPINAR-BAYIZIT, A.; YILMAZ-ERSAN, L. Functional compounds and antioxidant properties of dried green and red peppers**. African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 25, p. 5638-5644, 2011.

[67] PAUCAR-MENACHO, L. M.; DUEÑAS, M.; PEÑAS, E.; FRIAS, J.; MARTÍNEZ-VILLALUENGA, C. Effect of dry heat puffing on nutritional composition, fatty acid, amino acid and phenolic profiles of pseudocereals grains. **Polish journal of food and nutrition sciences**, v. 68, n. 4, p. 289-297, 2018.

[68] RAO, H.; CHEN, C.; TIAN, Y.; LI, Y.; GAO, Y.; TAO, S.; XUE, W. Germination results in reduced allergenicity of peanut by degradation of allergens and resveratrol enrichment. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 50, p. 188-195, 2018.

[69] RODRÍGUEZ, Ó.; GOMES, W.; RODRIGUES, S.; FERNANDES, F. A. Effect of acoustically assisted treatments on vitamins, antioxidant activity, organic acids and drying kinetics of pineapple. **Ultrasonics sonochemistry**, v. 35, p. 92-102, 2017.

[70] SANTOS, F. S.; FIGUEIRÊDO, R. M.; QUEIROZ, A. J. D. M.; LIMA, T. L.; MOREIRA, I. S. Effect of Dehydration Methods on Okra Chemical and Physical Composition. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 5, 2019.

[71] SAVAGE, W. D.; WIE, L. S.; SUTHERLAND, J. W.; SCHMIDT, S. J. Biologically active components inactivation and protein insolubilization during heat processing of soybean**. Journal of Food Science**, v. 60, p. 164-180, 1995.

[72] SHEN, R.; YANG, S.; ZHAO, G.; SHEN, Q.; DIAO, X. Identification of carotenoids in foxtail millet (*Setaria italica*) and the effects of cooking methods on carotenoid content. **Journal of cereal science**, v. 61, p. 86-93, 2015.

[73] TAN-WILSON, A. L.; WILSON, K. A. Mobilization of seed protein reserves. **Physiologia Plantarum**, v. 145, n. 1, p. 140-153, 2012.

[74] WANG, X.; YANG, R.; JIN, X.; ZHOU, Y.; HAN, Y.; GU, Z. Distribution of phytic acid and associated catabolic enzymes in soybean sprouts and indoleacetic acid promotion of Zn, Fe, and Ca bioavailability. **Food science and biotechnology**, v. 24, n. 6, p. 2161-2167, 2015.

[75] WATERHOUSE, A. Folin-Ciocalteau micro method for total phenol in wine. **American journal of Enology and Viticulture,** p 3-6, 2006.

[76] YANAGIMOTO, K.; LEE, K. G.; OCHI, H.; SHIBAMOTO, T. Antioxidative activity of heterocyclic compounds found in coffee volatiles produced by Maillard reaction. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 50, n. 19, p. 5480-5484, 2002.

[77] YEMM, E.W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, p. 508-515, 1954.

[78] YODPITAK, S., MAHATHEERANONT, S., BOONYAWAN, D., SOOKWONG, P., ROYTRAKUL, S., & NORKAEW, O. Cold plasma treatment to improve germination and enhance the bioactive phytochemical content of germinated brown rice. **Food chemistry**, v. 289, p. 328-339, 2019.

[79] YU, M.; LIU, H.; YANG, Y.; SHI, A.; LIU, L.; HUI, H.; WANG, Q. Optimization for resveratrol accumulation during peanut germination with phenylalanine feeding & ultrasound-treatment using response surface methodology. **International journal of food science & technology**, v. 51, n. 4, p. 938-945, 2016.

[80] ZHANG, M.; CHEN, H.; LI, J.; PEI, Y.; LIANG, Y. Antioxidant properties of tartary buckwheat extracts as affected by different thermal processing methods**. LWT-Food Science and Technology**, v. 43, n. 1, p. 181-185, 2010.

[81] ZHAO, M.; ZHANG, H.; YAN, H.; QIU, L.; BASKIN, C. C. Mobilization and role of starch, protein, and fat reserves during seed germination of six wild grassland species. **Frontiers in plant science**, v. 9, p. 234, 2018.

[82] ZHU, F.; CAI, Y. Z.; BAO, J.; CORKE, H. Effect of γ-irradiation on phenolic compounds in rice grain. **Food Chemistry**, v. 120, n. 1, p. 74-77, 2010.

[83] ZILIC, S.; BASIĆ, Z.; HADŽI-TAŠKOVIĆ Š. V.; MAKSIMOVIĆ, V.; JANKOVIĆ, M.; FILIPOVIĆ, M. Can the sprouting process applied to wheat improve the contents of vitamins and phenolic compounds and antioxidant capacity of the flour?. **International journal of food science & technology**, v. 49, n. 4, p. 1040-1047, 2014.

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br

@editorapoisson

https://www.facebook.com/editorapoisson